

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2 0 0 4 年 1 0 月 2 9 日

出 願 番 号

Application Number:

特 願 2 0 0 4 - 3 1 7 0 5 7

パリ条約による外国への出願  
に用いる優先権の主張の基礎  
となる出願の国コードと出願  
番号

The country code and number  
of your priority application,  
to be used for filing abroad  
under the Paris Convention, is

J P 2 0 0 4 - 3 1 7 0 5 7

出 願 人

Applicant(s):

株式会社半導体エネルギー研究所

2 0 0 5 年 1 1 月 1 6 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office.

中 嶋 誠



BEST AVAILABLE COPY

【訂 正 台 帳】

訂 正 台 帳

【整理番号】

P008282

【提出日】

平成16年10月29日

【あて先】

特許庁長官 殿

【発明者】

【住所又は居所】

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】

田中 幸一郎

【発明者】

【住所又は居所】

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】

山本 良明

【特許出願人】

【識別番号】

000153878

【氏名又は名称】

株式会社半導体エネルギー研究所

【代表者】

山崎 舜平

【手数料の表示】

【予納台帳番号】

002543

【納付金額】

16,000円

【提出物件の目録】

【物件名】

特許請求の範囲 1

【物件名】

明細書 1

【物件名】

図面 1

【物件名】

要約書 1

【請求項 1】

発振波長領域の広いレーザを発振するレーザ発振器と、前記レーザ発振器より出射したレーザビームの強度分布を均一化するビームホモジナイザと、前記レーザビームに対して前記レーザビームの照射面を相対的に移動する手段とを有するレーザ照射装置。

【請求項 2】

発振波長領域の広いレーザを発振するレーザ発振器と、前記レーザ発振器より出射したレーザビームの強度分布を均一化するビームホモジナイザと、集光レンズと、前記レーザビームの通過線上において前記集光レンズの像を照射面に投影する手段と、前記レーザビームに対して前記照射面を相対的に移動する手段とを有するレーザ照射装置。

【請求項 3】

請求項 2 において、

前記集光レンズは、2 枚の凸型シリンダリカルレンズまたは凸型球面レンズであることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項において、

前記発振波長領域の広いレーザは、サファイア、YAG、セラミックス YAG、セラミックス  $Y_2O_3$ 、KGW、KYW、 $Mg_2SiO_4$ 、YLF、 $YVO_4$ 、または  $GdVO_4$  の結晶に、Nd、Yb、Cr、Ti、Ho、Er のうち少なくとも一種のドーパントを添加したレーザ発振器であることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項において、

前記発振波長の広いレーザは、多波長発振を行うレーザであることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項において、

前記レーザビームは、非線形光学素子によって変換された高調波であることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項において、

前記ビームホモジナイザは、少なくとも 1 つのシリンダリカルレンズアレイ、ライトパイプ、またはフライアイレンズであることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載のレーザ照射装置にて作製されたデジタルビデオカメラ、デジタルカメラ、ナビゲーションシステム、音響再生装置、ディスプレイ、携帯端末機、薄膜集積回路装置、または CPU。

【請求項 9】

発振波長領域の広いレーザ発振器から射出した第 1 のレーザビームをビームホモジナイザに通して強度分布が均一化された第 2 のレーザビームとし、

前記第 2 のレーザビームを照射面に入射し、

前記第 2 のレーザビームを前記照射面に対して相対的に走査することを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 10】

発振波長領域の広いレーザ発振器から射出した第 1 のレーザビームをビームホモジナイザに通して強度分布が均一化された第 2 のレーザビームとし、

前記第 2 のレーザビームを集光レンズを用いて第 3 のレーザビームとし、

前記第 3 のレーザビームを照射面に入射し、

前記第 3 のレーザビームを前記照射面に対して相対的に走査することを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 11】

請求項 9 または請求項 11 において、

前記集光レンズは、2 枚の凸型シリンダリカルレンズまたは凸型球面レンズを用いることを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 12】

請求項 9 乃至請求項 11 のいずれか一項において、

前記発振波長領域の広いレーザとして、サファイア、YAG、セラミックス YAG、セラミックス  $Y_2O_3$ 、KGW、KYW、 $Mg_2SiO_4$ 、YLF、 $YVO_4$ 、または  $GdVO_4$  の結晶に、Nd、Yb、Cr、Ti、Ho、Er のうち少なくとも一種のドーパントを添加したレーザ発振器を用いていることを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 13】

請求項 9 乃至請求項 12 のいずれか一項において、

前記発振波長の広いレーザとして、多波長発振を行うレーザを用いることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 14】

請求項 9 乃至請求項 13 のいずれか一項において、

前記レーザビームは、非線形光学素子によって変換することを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 15】

請求項 9 乃至請求項 14 のいずれか一項において、

前記ビームホモジナイザは、少なくとも 1 つのシリンダリカルレンズアレイ、ライトパイプ、またはフライアイレンズを用いることを特徴とするレーザ照射方法。

【発明の名称】 レーザ照射装置およびレーザ照射方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体材料などに対して行われるようなアニールを、均一にかつ効率よく行うためのレーザ照射装置（レーザと、このレーザから出力されるレーザビームを被照射体まで導くための光学系を含む装置）およびレーザ照射方法に関するものである。また、上記のレーザ処理の工程を含んで作製された半導体装置の作製方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、基板上に薄膜トランジスタ（以下TFTと記す）を製造する技術が大幅に進歩し、アクティブマトリクス型表示装置への応用開発が進められている。特に、多結晶半導体膜を用いたTFTは、従来の非単結晶半導体膜を用いたTFTよりも電界効果移動度（モビリティともいう）が高いので、高速動作が可能である。そのため、従来基板の外に設けられた駆動回路で行っていた画素の制御を、画素と同一の基板上に形成した駆動回路で行うことが試みられている。

【0003】

ところで、半導体装置に用いる基板は、コストの面から単結晶半導体基板よりもガラス基板が有望視されている。ガラス基板は耐熱性に劣り、熱変形しやすいため、ガラス基板上に多結晶半導体膜を用いたTFTを形成するために半導体膜を結晶化するには、ガラス基板の熱変形を避けるためにレーザアニールが用いられる。

【0004】

レーザアニールの特徴は輻射加熱あるいは伝導加熱を利用するアニール法と比較して処理時間を大幅に短縮できることや、半導体基板又は半導体膜を選択的、局所的に加熱して、基板に殆ど熱的損傷を与えないことなどがあげられている。

【0005】

レーザアニールに用いられるレーザ発振器はその発振方法により、パルス発振と連続発振の2種類に大別される。レーザアニールには、しばしばエキシマレーザのようなパルス発振のレーザビームが用いられる。エキシマレーザは出力が大きく、高周波数での繰り返し照射が可能であるという利点を有し、さらにエキシマレーザから発振されるレーザビームは半導体膜としてよく用いられる珪素膜に対する吸収係数が高いという利点を有する。レーザビームの照射の際には、照射面におけるレーザビームの形状が線状となるように光学系にて整形し、レーザビームの照射位置を照射面に対し相対的に移動させて照射する方法は、高い生産性を持つため工業的に優れている。

【0006】

本明細書では、照射面における形状が線状であるレーザビームを線状ビームと呼ぶ。ここでいう「線状」とは、厳密な意味で「線」を意味しているのではなく、アスペクト比が大きい矩形（例えば、アスペクト比が10以上（好ましくは100以上））を意味する。なお、線状とするのは、被照射体に対して十分なアニールを行うためのエネルギー密度を確保するためであり、矩形状や面状であっても被照射体に対して十分なアニールを行うことができればよい。

【0007】

近年では、半導体膜の結晶化においてエキシマレーザのようなパルス発振のレーザ発振器よりも、ArレーザやYVO<sub>4</sub>レーザのような連続発振のレーザ発振器（以下、これらをCWレーザと称す）、あるいは繰り返し周波数が非常に高いパルス発振のレーザ発振器（モードロックパルスレーザ）を用いる方が、半導体膜内に形成される結晶の粒径が大きくなることが見出されている。半導体膜内の結晶粒径が大きくなると、この半導体膜を用いて形成されるTFTのチャネル領域に含まれる粒界の数が減る。従って、移動度が高くなり、より高性能なデバイスの開発に利用することができる。（以下、そのような結晶粒径の大きな結晶を大粒径結晶と称する。）

【 0 0 0 8 】

レーザアニールに一般的に用いられている固体レーザが発振する基本波の波長は、赤から近赤外にわたる波長領域である。しかし、この波長領域より、可視から紫外の波長領域の方が半導体膜へのエネルギーの吸収効率が高い。そこで、一般的には、非線形光学素子を用いて、大出力が得やすい基本波を高調波に変換することで可視光とし、半導体膜のアニールに用いる。

【 0 0 0 9 】

例えば、10 W、532 nmのCWレーザが発振するレーザビームを長軸方向300  $\mu$ m、短軸方向10  $\mu$ m程度の線状ビームとし、その線状ビームを短軸方向に走査させて半導体膜を結晶化した場合、一度の走査で得られる大粒径結晶の領域の幅は200  $\mu$ m程度となる。（以下、大粒径結晶が見られる領域を大粒径領域と呼ぶ）このため、基板全面をレーザビームで結晶化するためには、線状ビームの一度の走査によって得られた大粒径領域の幅ずつ、線状ビームの走査する位置を、その長軸方向にずらしてレーザアニールを行う必要がある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 0 】

ここで、ビームスポットの半導体膜における照射跡と、ビームスポットの断面における強度分布を示す。

【 0 0 1 1 】

一般的に、レーザ発振器から射出したレーザビームのa-a'の断面は、図24に示すように、ガウス分布の強度分布を有しており、均一な強度分布をしているのではない。

【 0 0 1 2 】

例えば、ビームスポット中央付近の領域は、大粒径結晶が形成されるしきい値(y)より大きいエネルギー密度を有する。しかし、ビームスポット端部付近の領域は、結晶性領域が形成されるしきい値(x)よりエネルギー密度が大きい、しきい値(y)よりエネルギー密度が小さい。このため、レーザビームを半導体膜に照射すると、ビームスポット端部付近の領域には部分的に溶融しきれない領域が残り、そこには、中心付近の領域2401に形成されるような大粒径結晶ではなく、粒径の比較的小さな結晶粒が形成される。つまり、レーザビームのエネルギー密度の分布が半導体膜表面の結晶性に反映され、結晶性のむらが生じる。

【 0 0 1 3 】

特にCWレーザビームを線状ビームに整形した後にレーザアニールを行った場合には、線状ビームの長軸方向の両端におけるCWレーザビームの強度低下の影響が大きい。図24のしきい値(x)以上しきい値(y)以下のエネルギーでCWレーザビームが照射された領域には、結晶化は起こるものの大粒径結晶が形成されない領域（以降、結晶性不良領域と呼ぶ）2402が形成される。この領域には、半導体膜の表面において凹凸が目立ち、TF Tを作製するには不向きである。

【 0 0 1 4 】

このようにして作製された半導体膜を用いてTF Tを形成した場合、電子移動度のバラつきが増加する結果となる。さらに、このように作製されたTF Tを用いてEL（エレクトロミネセンス）や液晶などを用いたディスプレイを作製した場合には、結晶性のむらによる縞模様が現れることがある。

【 0 0 1 5 】

よって、信頼性の高いTF Tを作製するにあたり、TF Tが結晶性不良領域2402に作製されないように、レーザビームの照射の際に正確に位置決めをする必要がある。

【 0 0 1 6 】

また、レーザアニールに用いるレーザビームの強度分布がガウス分布型であるため、線状ビームの長軸方向の長さを長くすると、強度が低い端部の部分が引き延ばされ、結晶性不良領域2402が広がってしまう。そのため、基板全体に対するTF Tを形成できる領域

が、つなぐ、な、り、を、損、傷、の、同、い、十、等、半、導、体、基、板、を、け、れ、る、こ、と、が、四、難、に、な、る、。

#### 【0017】

上記の問題点は、レーザビームの強度分布をガウス形状ではなくトップフラット型にし、レーザビームの強度分布を均一にすることで上記の問題を解決することができる。レーザビームの強度分布をトップフラットにする手段としては回折光学素子（ディフラクティブオプティクス）や光導波路（ライトパイプ）、複数のレンズが一平面上に配列されたレンズアレイ等がある。このような手段を用いて、レーザビームの強度分布を均一にし、その裾部分を急峻にすることで、レーザアニール後にできる結晶性を均一なものにし、さらに結晶性不良領域を減少させることができる。レーザビームの強度分布をトップフラットにすることで、線状ビームの長さに依らず、結晶性不良領域の面積を小さく抑えることが可能である。

#### 【0018】

しかし、前に挙げたレーザビームの強度分布をトップフラット型にする手段のうち、回折光学素子は、良い特性を得るためにはナノメートルオーダーの微細加工が必要であるために技術的に困難な点が多く、光学透過率も低い。また、コストも高い。また、レンズアレイやライトパイプなどのビームホモジナイザを用いて、一つのレーザビームを複数の経路に分けた後に再び一つに合成する場合では、単一波長のレーザビームは干渉性が良いため、照射面においてレーザビーム強度の強弱が干渉縞として現れる。

#### 【0019】

本発明はレーザの干渉性に起因する干渉縞を生じさせることなく、エネルギー分布の均一な線状ビームを得ることを課題とする。特に、CWレーザや、モードロックパルスレーザを用いる場合、出来るだけ大粒径領域の面積を増やし、結晶性不良領域の面積を少なくすることを課題とする。一方、パルス発振の比較的繰り返し周波数の低い大出力レーザを用いて、長さ数メートルを超える線状ビームを形成し、レーザアニールのプロセスのスループットを飛躍的に向上させることを課題とする。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0020】

以上の問題を解決する手段として、本願発明は以下の構成を採用する。なお、ここでいうレーザアニール法とは、半導体基板又は半導体膜に形成された損傷層やアモルファス層を再結晶化する技術や、基板上に形成された非晶質半導体膜を結晶化させる技術を指している。また、半導体基板又は半導体膜の平坦化や表面改質に適用される技術、非晶質半導体膜にニッケルなどの結晶化を促進する元素を導入した後にレーザ照射を行う技術、結晶性を有する半導体膜にレーザを照射する技術なども含んでいる。

#### 【0021】

本発明は以下の構成を有する。

#### 【0022】

本発明で開示する発明の1つは、発振波長域の広いレーザ発振器と、このレーザ発振器より出射したレーザビームの強度分布を均一化するビームホモジナイザと、レーザビームの照射面をレーザビームに対して相対的に移動する手段とを有することを特徴とする。

#### 【0023】

本発明で開示する発明の他の1つは、発振波長域の広いレーザ発振器と、このレーザ発振器より出射したレーザビームの強度分布を均一化するビームホモジナイザと、集光レンズと、レーザビームの通過線上において集光レンズの像を照射面に投影する手段と、レーザビームに対して照射面を相対的に移動する手段とを有することを特徴とする。

#### 【0024】

上記発明の構成において、発振波長域の広いレーザ結晶として、Sapphire、YAG、セラミックスYAG、セラミックス $Y_2O_3$ 、KGW、KYW、 $Mg_2SiO_4$ 、YLF、 $YVO_4$ 、または $GdVO_4$ の結晶に、Nd、Yb、Cr、Ti、Ho、Erのドーパントをいずれか1つまたは複数添加したレーザ発振器等を用いることができる。発振波長域を広げるため、複数のドーパントを添加したレーザ結晶を用い、レーザ発振器とすること

が好ましい。あるいは、II-VI化合物半導体のように、I型半導体のドーパントで多波長発振を可能にするレーザもある。

#### 【0025】

上記のレーザ結晶から発振したレーザビームの中には、極めて高い出力を持つものもあり、半導体膜をレーザアニールするための線状ビームの長さ、すなわちレーザスポットの長軸方向の長さを数メートル以上とすることも可能である。また、例えばセラミックスYAGを用いる場合は、YAGの結晶と比較すると、製造するための時間やコストがかかることなく、大きなセラミックスを作ることが可能である。これは他のセラミックを用いた場合も同様である。このため、出射する段階でビームの長軸方向の長さを他のレーザよりも長くすることが可能である。また、セラミックスはその形状を自由に変えることができるため、例えば、直方体のロッドを形成し、四角いビームを発振させることも可能である。

#### 【0026】

発振波長域が広いこれらのレーザビームは干渉性が弱い。したがって、シリンドリカルレンズアレイ、ライトパイプ、フライアイレンズなどのビームホモジナイザを用いて、一つのレーザビームを複数の経路に分離した後に再び一箇所に合成しても、照射面においてレーザビームによる干渉縞が生じないため、均一に半導体膜をアニールすることができる。

#### 【0027】

また、上記発明の構成において、ビームホモジナイザは複スリットから射出するビームを形成するものとして考えることができることから、複スリットをモデルとして、そのビームホモジナイザが形成する干渉縞の周期を計算することができる。つまり、ある波長 $\lambda$ における干渉縞の間隔 $x$ は、複スリットと照射面までの距離 $L$ 、複スリット間の距離 $d$ を用いて次式で表すことができる。

#### 【数1】

$$x = \frac{\lambda L}{d} \quad \dots(1)$$

#### 【0028】

図1に複スリット間の距離 $d = 2 \text{ mm}$ 、複スリットと照射面までの距離 $L = 1000 \text{ mm}$ としたときの波長 $\lambda$ に対する干渉縞の間隔 $x$ を求めたものを示す。波長 $\lambda$ に対して干渉縞の間隔 $x$ は線形に増加していることがわかる。したがって、発振波長域の広がったレーザビームにより生じる干渉縞は、様々な定在波が混合して形成されるため、その模様は不明瞭となり、視認出来なくなる。

#### 【0029】

また、上記発明の構成において、集光レンズは1枚または2枚の凸型シリンドリカルレンズまたは凸型球面レンズであることを特徴とする。

#### 【発明の効果】

#### 【0030】

本発明を用いることにより、半導体膜上にレーザの干渉縞を生じさせることのないエネルギー分布の均一な線状ビームを得ることができる。特に、CWレーザや、モードロックパルスレーザを用いる場合、できるだけ大粒径領域の面積を増やし、かつ結晶性不良領域の面積を少なくすることが可能となる。一方、パルス発振の比較的繰り返し周波数の低い大出力レーザを用いて、長さが数メートルに及ぶ線状ビームを形成することが可能になるため、この線状ビームを用いることによってレーザアニールのスループットが格段に向上する。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0031】

以下に本発明の実施の様態を、図面を用いて説明する。但し、本発明は多くの異なる態様

大施することが可能であり、本発明の趣旨及びその範囲が逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは、当業者であれば容易に理解される。従って、本実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

#### 【0032】

本発明の実施例において、多波長発振し、繰り返し周波数が10 MHz以上のモードロックパルスレーザ発振器201から射出されるレーザビームを光学系にて線状ビームに整形し、半導体膜が成膜された基板204に照射する例を、図2に沿って説明する。

#### 【0033】

図2において、モードロックパルスレーザのレーザ発振器201から射出したレーザビームは、シリンダリカルレンズアレイ202により、1本のレーザビームが複数に分割される。次いで、分割されたレーザビームは、ミラー203によって半導体膜204が成膜された基板の方向に偏向される。

#### 【0034】

その後、レーザビームの長軸方向および短軸方向に作用するシリンダリカルレンズ205、206により集光を行う。本発明の実施の形態において、2つのシリンダリカルレンズを集光レンズとして用いている。シリンダリカルレンズ205、206のうち、1つは線状ビームの長軸方向にビームの整形を行い、残りの1つは線状ビームの短軸方向にビームの整形を行う。

#### 【0035】

シリンダリカルレンズ205、206を用いる利点は、ビームの長軸方向と短軸方向の集光をそれぞれ独立して行うことができる点である。なお、元のビームのビーム径、出力、ビームの形状をそのまま用いることができる場合は、シリンダリカルレンズを必ずしも2つ用いなくても良い。また、元のビームの長軸と短軸の長さの比を保ったまま集光を行う場合は、シリンダリカルレンズ205、206の代わりに球面レンズを用いても良い。

#### 【0036】

半導体膜204が成膜された基板はガラスを材料としており、レーザ照射の際に落ちないように吸着ステージ207に固定されている。吸着ステージ207は、Xステージ208、Yステージ209を用いて半導体膜204の表面に平行な面上をXY方向に走査を繰り返し、半導体膜204を結晶化させる。

#### 【0037】

本実施の形態ではXステージ208、Yステージ209を用いて半導体膜204が成膜された基板を動かす構成となっているが、レーザビームの走査は、被処理物である基板を固定してレーザビームの照射位置を移動させる照射系移動型、レーザビームの照射位置を固定して基板を移動させる被処理物移動型、または上記2つの方法を組み合わせた方法を用いることができる。

#### 【0038】

レーザビームが照射され、走査方向に向かって成長した結晶粒が形成されている照射領域は、結晶性が非常に優れている。そのため、この領域をTF<sub>T</sub>のチャネル形成領域に用いることで、極めて高い移動度やオン電流を期待することができる。

#### 【0039】

ここで、図3、4を用いて、本発明の光学系について詳しく説明する。ここで図3中にて用いている番号は図2で用いたものと共通の番号を記してある。

#### 【0040】

図3(a)は線状ビームおよび光学系の上面図であり、図3(b)は線状ビームおよび光学系の側面図である。レーザ発振器201から射出したレーザビームはシリンダリカルレンズアレイ202によって複数のレーザビームに分割される。このとき、レーザ発振器201から射出したレーザビームは、図4(a)に示すようなガウス型の強度分布を持つ。このレーザビームは、シリンダリカルレンズ202によって図4(b)、(c)を境に分割される。分割されたそれぞれのレーザビームはシリンダリカルレンズ205、206によって図4(d)、(e)に示すように、図4(b)、(c)の間に重なり合わされ、半

半導体膜204にレーザビームをホット上に形成される。図5(1)は単なるレーザビームの強度分布を足し合わせたレーザビームの強度分布である。これにより、レーザビームの強度分布は均一化される。

#### 【0041】

本実施の形態で用いたレーザ発振器201のレーザ結晶はTi:sapphire結晶である。なお、このレーザの基本波の中心波長は800nm、発振波長の半値全幅は30nmである。この基本波をレーザ発振器201内の非線形光学結晶によって、中心波長が400nm、発振波長の半値全幅が15nmの第2高調波に変換する。

#### 【0042】

本実施例は、レーザビームを3つに分割し、それらを1つのレーザビームに合成するが、式(1)から判るように、それぞれの波長に対する干渉縞の間隔は異なるため、このようなレーザビームを用いることで干渉により発生する光の強弱の差を打ち消し合うことができる。

#### 【0043】

これにより、干渉の影響を少なくすることができるため、線状ビームの長さ方向におけるレーザビームの強度分布を均一にすることができ、さらに結晶性不良領域を減少させることができる。

#### 【0044】

半導体膜204が成膜されたガラス基板を100~1000mm/sec.の速度で移動できるXステージ208、及び、Yステージ209上に設置し、適切な速度にて走査移動させることにより、基板上の半導体膜204全面に大粒径結晶を作製できる。本発明人の経験から予想される最適な走査の速度は、400mm/sec.前後である。

#### 【0045】

このような手法で大粒径結晶を形成した半導体膜204上に、周知の手段によりTFEを作製することで、高速デバイスを作製することができる。

#### 【0046】

本実施の形態では、発振波長域の広いCWレーザを用いて大粒径結晶を作製する例を挙げたが、同様に発振波長域が広く、繰り返し周波数の高いパルス発振のレーザとビームホモジナイザを組み合わせてレーザアニールを施す場合にも、本発明を適用することが可能である。

#### 【実施例1】

#### 【0047】

本実施例では、繰り返し周波数が低く、1ショットあたりのエネルギーが高いパルス発振のレーザを用いた場合の例を、図5、6を用いて説明する。

#### 【0048】

まず、図6(B)の側面図に着目する。パルスレーザ発振器501から射出されたレーザビームは、シリンドリカルレンズアレイ502、503に入射する。シリンドリカルレンズアレイ502、503は、1本のレーザビームをZ軸方向において複数のレーザビームに分割する。次に、Z軸方向にのみ作用するシリンドリカルレンズ504により、Z軸方向に分割されたレーザビームは、仮想的な面506上にて1つに集光される。面506は光路の途中にあるので、面506で集光された後に光は発散する。なお、シリンドリカルレンズアレイ505はレーザビームのZ軸方向には作用しない。

#### 【0049】

シリンドリカルレンズ508は、面506と半導体膜509とが共役の関係になる位置になるように配置されている。そして、Z軸方向に分割されたレーザビームを、半導体膜509にて再び1つに結像するように集光する。このとき、シリンドリカルレンズ508は半導体膜509に照射される線状ビームの短軸方向にのみ作用する。

#### 【0050】

次に、上面図(図6(A))に関して説明する。パルスレーザ発振器501から射出されたレーザビームは、シリンドリカルレンズアレイ502、503およびシリンドリカルレ

ンへ入射するが、シリンドリカルレンズアレイ502、503、およびシリンドリカルレンズ504はレーザビームのX軸方向には作用しないので、そのまま通過する。続いて、シリンドリカルレンズアレイ505にレーザビームが入射する。シリンドリカルレンズアレイ505は、母線方向がシリンドリカルレンズアレイ502、503の母線と90度をなすように配置している。このシリンドリカルレンズアレイ505によって、1本のレーザビームはX軸方向において複数に分割される。分割されたレーザビームはX軸方向にのみ作用するシリンドリカルレンズ507によって、半導体膜509上で同一ビームスポットに集光される。

#### 【0051】

なお、図5に示されるように、シリンドリカルレンズ507を通過したレーザビームはミラー510によって90°下方に偏向され、半導体膜509に照射される。このとき、シリンドリカルレンズ507は半導体膜509に照射される線状ビームの長軸方向にのみ作用する。

#### 【0052】

半導体膜509を成膜したガラス基板を10mm/sec.程度以上の速度で移動できるステージ511上に設置し、適切な速度にて走査移動させることにより、基板全面を結晶することができる。

#### 【0053】

本実施例で示す例は、レーザビームを複数に分割し、それらを1つのレーザビームに集光するため、干渉縞が発生することが考えられる。しかし、式(1)から、それぞれの波長に対する干渉縞の間隔が異なることが分かる。このため、発振波長域が広いレーザビームを用いると、干渉により発生する光の強弱の差を打ち消し合い、干渉の影響を少なくすることができる。その結果、線状に整形したレーザビームの強度分布を均一にすることができる。

#### 【0054】

本実施例で用いるレーザ発振器501のレーザ結晶は、セラミックスYAGである。そのセラミックYAGに、Nd、Ybなどの複数種のドーパントを添加して、多波長発振を得る。なお、このレーザの基本波の中心波長は1030~1064nm、発振波長の半値全幅が30nm程度である。この基本波をレーザ発振器501内の非線形光学結晶によって、中心波長515~532nm、発振波長の半値全幅が15nm程度の第二高調波に変換する。

#### 【0055】

本実施例で用いたレーザ結晶のセラミックスYAGは、YAGの結晶より短時間かつ低コストで大型のものを作製することが可能である。また、セラミックスYAGの形状は、半導体膜に照射するレーザビームの形状に合わせて自由に設計することが可能である。このため、出射する段階でビームの長軸方向の長さを他のレーザよりも長くすることが可能である。

#### 【0056】

本実施例で用いるレーザは、レーザ結晶にセラミックを使っているため、レーザ結晶を非常に大きくすることができる。従って、非常に出力が高く、線状ビームの面積を1cm<sup>2</sup>以上にすることが可能である。光学系を用いてビームを整形することによって、長軸の長さが数100mm~数mの線状ビームを得ることが可能となる。一般的に、線状ビームを使ったプロセスを用いて作製されるディスプレイのパネルサイズは、線状ビームの長さによって制限を受ける。このため、本発明を用いてより長い線状ビームを得ることで、より大判のディスプレイを作製することが可能となる。

#### 【0057】

このような手法でレーザ結晶化した半導体膜上に、実施例2で示すような方法によりTFETを作製することができる。なお、実施例2では、連続発振のセラミックレーザを用いて、半導体膜を結晶化する例を示すが、本実施例に示したパルス発振のレーザを代わりに用いてもよい。

#### 【0058】

なお、本実施例は、他の実施例と自由に関係を有することができる。

## 【実施例 2】

### 【0059】

本実施例では、本発明のレーザアニール装置を用いて、薄膜トランジスタ (TF T) を作製する工程を示す。なお、本実施例ではトップゲート型 (順スタガ型) TF T の作製方法を記載しているが、トップゲート型 TF T に限らず、ボトムゲート型 (逆スタガ型) TF T などでも同様に本発明を用いることができる。

### 【0060】

図 7 (A) に示すように、絶縁表面を有する基板 700 上に下地膜 701 を形成する。本実施例では、基板 700 としてガラス基板を用いる。なお、ここで用いる基板には、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミノホウケイ酸ガラスなどのガラス基板、石英基板、セラミックス基板、ステンレス基板などを用いることができる。また、PET (Polyethylene Terephthalate: ポリエチレンテレフタレート)、PES (Polyethersulphone Resin: ポリエーテルサルホン樹脂)、PEN (Polyethylene Naphthalate: ポリエチレンナフタレート) に代表されるプラスチックや、アクリルなどに代表される合成樹脂を原料とする基板は、一般的に他の基板と比較して耐熱温度が低い傾向にあるが、本工程の処理に耐え得るのであれば用いることができる。

### 【0061】

下地膜 701 は、基板 700 に含まれるナトリウムなどのアルカリ金属やアルカリ土類金属が半導体中に拡散し、半導体素子の特性に悪影響を及ぼすのを防ぐために設ける。このため、アルカリ金属やアルカリ土類金属の半導体中への拡散を抑えることのできる酸化珪素や窒化珪素、窒化酸化珪素などの絶縁膜を用いて形成する。また、下地膜 701 は単層または積層構造のいずれでもよい。本実施例では、プラズマ CVD 法 (Chemical Vapor Deposition: 化学気相成長法) を用いて窒化酸化珪素膜を 10 ~ 400 nm の膜厚になるように成膜した。

### 【0062】

なお、基板 700 として、ガラス基板またはプラスチック基板のようにアルカリ金属やアルカリ土類金属が多少なりとも含まれている基板を用いている場合には、不純物の拡散を防ぐために下地膜を設けることは有効であるが、石英基板など不純物の拡散がさほど問題にならない基板を用いる場合には必ずしも下地膜 701 を設ける必要はない。

### 【0063】

次いで、下地膜 701 上に非晶質半導体膜 702 を形成する。非晶質半導体層 702 は、公知の方法 (スパッタリング法、LPCVD 法、プラズマ CVD 法など) により、25 ~ 100 nm (好ましくは 30 ~ 60 nm) の厚さで形成する。ここで用いる非晶質半導体膜は、珪素やシリコンゲルマニウムなどを用いることができるが、ここでは珪素を用いる。シリコンゲルマニウムを用いる場合、ゲルマニウムの濃度は 0.01 ~ 4.5 at o m i c % 程度であることが好ましい。

### 【0064】

続いて図 7 (B) に示すように、本発明のレーザアニール装置を用いて非晶質半導体膜 702 にレーザ 703 を照射して結晶化を行う。本実施例では、レーザ 703 として、連続発振のセラミックス YAG レーザを用いる。セラミックス YAG のレーザ結晶に、Nd、Yb などの複数種のドーバントを添加し、多波長発振を得る。なお、このレーザの基本波の中心波長は 1030 ~ 1064 nm、発振波長の半値全幅が 30 nm 程度である。この基本波をレーザ発振器内の非線形光学結晶によって、中心波長 515 ~ 532 nm、発振波長の半値全幅が 15 nm 程度の第二高調波に変換し、シリンドリカルレンズ 704 を通して照射を行う。

### 【0065】

ここで挙げたレーザに限らず、Sapphire、YAG、セラミックス YAG、セラミックス  $Y_2O_3$ 、KGW、KYW、 $Mg_2SiO_4$ 、YLF、 $YVO_4$ 、または  $GdVO_4$  の結晶に、Nd、Yb、Cr、Ti、Ho、Er のドーバントをいずれか 1 つまたは複数添加

したレーザ発振器を用いることができる。発振域を拡大するため、複数のドーパントを添加したレーザ結晶を用い、レーザ発振器とすることが好ましい。あるいは、Ti:Sapphireレーザのように、1種類のドーパントで多波長発振を可能にするレーザもある。また、レーザ703は、公知の非線形光学素子により高調波に変換される。なお、本実施例では、レーザ703は非線形光学素子により第2高調波に変換されているが、第2高調波以外の高調波であっても構わない。

#### 【0066】

以上の方法を用いることによって、走査方向に向かって連続的に成長した結晶粒が形成されるだけでなく、隣接したレーザ照射領域の境界において、微結晶領域や凹凸の形成を抑制することが可能になる。なお、スループット良く結晶性半導体膜を形成するためには、できるだけ微結晶領域のみに隣接したレーザの照射領域を重ねるように照射することが好ましい。

#### 【0067】

このように、半導体膜を均一にアニールすることにより、この半導体膜によって作製される電子機器の特性を良好かつ均一にすることができる。

#### 【0068】

その後、図7(C)に示すように、レーザビームの照射によって形成された結晶性半導体膜705をパターニングし、島状の半導体膜706を形成する。さらに、この島状の半導体膜706を覆うようにゲート絶縁膜707を形成する。

#### 【0069】

ゲート絶縁膜707は、少なくとも酸素または窒素を含む絶縁膜であれば良く、単層でも複層でもよい。その際の成膜方法は、プラズマCVD法やスパッタ法を用いることができる。本実施例では、プラズマCVD法で窒化酸化珪素( $\text{SiN}_x\text{O}_y$  ( $x > y$ 、なお、 $x$ 、 $y = 1, 2, 3 \dots$ ))と、酸化窒素珪素( $\text{SiO}_x\text{N}_y$  ( $x > y$ 、なお、 $x$ 、 $y = 1, 2, 3 \dots$ ))を連続成膜して、合計膜厚が115nmになるように形成した。なお、チャネル長の長さが1 $\mu\text{m}$ 以下であるようなTFET(サブミクロンTFETともいう)を形成する場合、ゲート絶縁膜は10~50nmの厚さで形成することが望ましい。

#### 【0070】

次に、ゲート絶縁膜707上に導電膜を形成し、パターニングすることでゲート電極708を形成する。その概略は以下の通りになる。まず、ゲート絶縁膜707上に形成する導電膜の材料は、導電性を有する膜であれば良く、本実施例では、W(タングステン)とTa<sub>2</sub>N<sub>5</sub>(窒化タンタル)の積層膜を用いたが、Al(アルミニウム)とMo(モリブデン)を用いてMo、Al、Moの順に積層した導電膜や、Ti(チタン)とAlを用いてMo、Al、Moの順に積層した導電膜を用いても良い。また、金(Au)、銀(Ag)、銅(Cu)、白金(Pt)、アルミニウム(Al)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、チタン(Ti)から選ばれた元素、またはこれらの元素を主成分とする合成材料または化合物材料を用いることができる。さらには、これらの材料の積層物を用いることもできる。

#### 【0071】

そして、この導電膜をパターンするためのレジストマスクを形成する。まず、導電膜上にフォトリソをスピンコーティング法などにより塗布し、露光を行う。次に、フォトリソに対して加熱処理(プリベーク)を行う。プリベークの温度は50~120℃とし、後に行われるポストベークより低い温度で行う。本実施例では、加熱温度は90℃、加熱時間は90秒とした。

#### 【0072】

次に、フォトリソに現像液を滴下するか、あるいはスプレーノズルから現像液をスプレーすることによって、露光されたレジストを現像する。

#### 【0073】

その後、現像されたフォトリソを125℃、180秒で加熱処理を行ういわゆるポストベークを行い、レジストマスク中に残っている水分などを除去し、同時に熱に対する安

正はを同める。以上の工程により、レジストマヘンが形成される。このレジストマヘンに導電膜をパターンニングして、ゲート電極708を形成する。

#### 【0074】

なお、このほかの方法として、所定の場所に材料を吐出することが可能な印刷法やインクジェット法に代表される液滴吐出法により、ゲート電極708を直接ゲート絶縁膜707上に形成してもよい。

#### 【0075】

吐出する材料は、導電体材料を溶媒に溶解または分散させたものを用いる。導電膜となる材料は、金(Au)、銀(Ag)、銅(Cu)、白金(Pt)、アルミニウム(Al)、クロム(Cr)、パラジウム(Pd)、インジウム(In)、モリブデン(Mo)、ニッケル(Ni)、鉛(Pb)、イリジウム(Ir)、ロジウム(Rh)、タンゲステン(W)、カドミウム(Cd)、亜鉛(Zn)、鉄(Fe)、チタン(Ti)、ジルコニウム(Zr)、バリウム(Ba)などの金属から少なくとも一種類、またはこれらの金属の合金を含むものである。溶媒は、酢酸ブチル、酢酸エチルなどのエステル類、イソプロピルアルコール、エチルアルコールなどのアルコール類、メチルエチルケトン、アセトンなどの有機溶剤などを用いることができる。

#### 【0076】

また、組成物の粘度は300cp以下とする。これは、乾燥を防止し、吐出口から組成物を円滑に吐出するためである。なお、用いる溶媒や用途に合わせて組成物の粘度や表面張力は適宜調整すると良い。

#### 【0077】

そして、ゲート電極708またはゲート電極708を形成する際に用いたレジストをマスクとして用い、島状の半導体膜706にn型またはp型の導電性を付与する不純物を選択的に添加することによって、ソース領域709、ドレイン領域710、LDD領域711などを形成する。上記の工程によって、Nチャネル型TFT712および713と、Pチャネル型TFT714を同一基板上に形成することができる(図7(D))。

#### 【0078】

続いて、図7(D)に示すように、それらの保護膜として、絶縁膜715を形成する。この絶縁膜715は、プラズマCVD法またはスパッタ法を用い、窒化珪素膜または窒化酸化珪素膜を単層または積層構造で100~200nmの厚さに形成する。窒化酸化珪素膜と酸化窒素珪素膜を組み合わせる場合には、ガスを切り替えることによって連続成膜をすることが可能である。本実施例では、プラズマCVD法により膜厚100nmの酸化窒化珪素膜を形成した。絶縁膜715を設けることにより、酸素や空気中の水分をはじめ、各種イオン性の不純物の侵入を阻止するブロッキング作用を得ることができる。

#### 【0079】

次いで、さらに絶縁膜716を形成する。ここでは、SOG(Spin On Glass)法またはスピンコート法によって塗布されたポリイミド、ポリアミド、BCB(ベンゾシクロブテン)、アクリル、シロキサン(珪素と酸素との結合で骨格構造が構成され、置換基に少なくとも水素を含む材料、フッ素、アルキル基、または芳香族炭化水素のうち少なくとも一種を有する物質が含まれている物質)などの有機樹脂膜、TOF膜、無機層間絶縁膜(窒化珪素、酸化珪素などの珪素を含む絶縁膜)、low-k(低誘電率)材料などを用いることができる。絶縁膜716は、ガラス基板上に形成されたTFTによる凹凸を緩和し、平坦化する意味合いが強いため、平坦性に優れた膜が好ましい。

#### 【0080】

さらに、フォトリソグラフィ法を用いてゲート絶縁膜707、絶縁膜715および絶縁膜716をパターン加工して、ソース領域709、ドレイン領域710に達するコンタクトホールを形成する。

#### 【0081】

次に、導電性材料を用いて導電膜を形成し、この導電膜をパターン加工することによって配線717を形成する。その後、保護膜として絶縁膜718を形成すると、図7(D)

に小りよノは十等体表面が元成りる。

#### 【0082】

本発明のレーザアニール方法を用いた半導体装置の作製方法は、上述したTFTの作製工程に限定されない。本発明のレーザビームの照射方法を用いて結晶化された半導体膜をTFTの活性層として用いることで、素子間の移動度、閾値およびオン電流のばらつきを抑えることができる。

#### 【0083】

また、レーザビームによる結晶化の前に、触媒元素を用いた結晶化工程を設けてもよい。その触媒元素としては、ニッケル(Ni)を用いているが、その他にゲルマニウム(Ge)、鉄(Fe)、パラジウム(Pd)、スズ(Sn)、鉛(Pb)、コバルト(Co)、白金(Pt)、銅(Cu)、金(Au)といった元素を用いることができる。

#### 【0084】

なお、触媒元素を添加し、加熱処理を行って結晶化を促進した後にレーザビームの照射を行ってもよいし、加熱処理の工程を省略してもよい。また、加熱処理を行った後、その温度を保ちつつレーザ処理を行ってもよい。

#### 【0085】

本実施例では、半導体膜の結晶化に本発明のレーザ照射方法を用いた例を示したが、半導体膜にドーピングした不純物元素の活性化を行うために用いてもよい。また、本発明を用いた半導体装置の作製方法は、集積回路や半導体表示装置の作製方法にも用いることができる。

#### 【0086】

また、本発明を用いると、半導体膜が均一にアニールされる。従って、本発明の方法によって形成された半導体膜を用いて作製した全てのTFTは特性が良好であり、個々のTFTの特性は均一である。

#### 【0087】

また、本実施例は、実施の形態や他の実施例と自由に組み合わせることができる。

#### 【実施例3】

#### 【0088】

本実施例では、本発明のレーザ照射装置による結晶化方法に、触媒元素による結晶化方法を組み合わせて、より結晶化を良好に行う例について説明する。

#### 【0089】

まず、図8(A)に示すように、基板上800上に下地膜801を形成し、下地膜801上に半導体膜801を成膜する工程までは、実施例2を参照して行う。次に、図8(B)に示すように、半導体膜802の表面に、重量換算で10~100ppmのNiを含む溶液、例えば酢酸ニッケル塩の溶液をスピンコート法で塗布する。なお、図8(B)の点線は、触媒元素を添加したことを示す。触媒の添加は上記方法に限定されず、スパッタ法、蒸着法、プラズマ処理などを用いて添加しても良い。

#### 【0090】

そして、500~650℃で4~24時間、例えば570℃、14時間の加熱処理を行う。この加熱処理により、酢酸ニッケル塩溶液が塗布された表面から、基板800に向かって縦方向に結晶化が促進された半導体膜803が形成される(図8(C))。

#### 【0091】

加熱処理は、ランプの輻射を熱源としたRTA(Rapid Thermal Anneal)、又は加熱された気体を用いるRTA(ガスRTA)で設定加熱温度740℃、180秒のRTAを行ってもよい。ここでの設定加熱温度は、パイロメータで測る基板の温度であり、その温度を熱処理時の設定温度としている。他には、ファーネスアニール炉を用いて550℃にて4時間の熱処理があり、これを用いて加熱処理をしても良い。結晶化温度の低温化及び時短化は触媒作用のある金属元素の作用によるものである。

#### 【0092】

なお、本実施例では触媒元素としてニッケル(Ni)を用いているが、その以外にも、

ルマーニウム (G e)、鉄 (F e)、ハフニウム (H f)、ヘビウム (H e)、鉛 (P b)、コバルト (C o)、白金 (P t)、銅 (C u)、金 (A u) といった元素を用いても良い。

#### 【0093】

次に図8(D)に示すように、半導体膜803を実施例1で示したレーザ照射装置を用いて結晶化する。本実施例で用いるレーザ発振器のレーザ結晶は、セラミックスYAGである。セラミックYAGのレーザ結晶に、Nd、Ybなどの複数種のドーパントを添加し、多波長発振を得る。なお、レーザ804の基本波の中心波長は1030~1064nm、発振波長の半値全幅が30nm程度である。この基本波をレーザ発振器内の非線形光学結晶によって、中心波長515~532nm、発振波長の半値全幅が15nm程度の第二高調波に変換する。

#### 【0094】

上述した半導体膜803へのレーザビーム804の照射により、結晶性がより高められた半導体膜805が形成される。なお、触媒元素を用いて結晶化された半導体膜805内には、触媒元素(ここではNi)がおおよそ $1 \times 10^{19}$  atoms/cm<sup>3</sup>程度の濃度で含まれていると考えられる。次に、半導体膜805内に存在する触媒元素のゲッタリングを行う。ゲッタリングによって、半導体膜中に混入する金属元素を除去することができるため、オフ電流を低減することが可能である。

#### 【0095】

まず、図9(A)に示すように半導体膜805の表面に酸化膜806を形成する。1nm~10nm程度の膜厚を有する酸化膜806を形成することで、後のエッチング工程において半導体膜805の表面がエッチングにより荒れるのを防ぐことができる。なお、酸化膜806は公知の方法を用いて形成することができる。例えば、硫酸、塩酸、硝酸などと過酸化水素水を混合させた水溶液や、オゾン水で、半導体膜805の表面を酸化することで形成しても良いし、酸素を含む雰囲気中でのプラズマ処理や、加熱処理、紫外線照射等により形成しても良い。また酸化膜を別途、プラズマCVD法やスパッタ法、蒸着法などで形成しても良い。

#### 【0096】

次に酸化膜806上に、希ガス元素を $1 \times 10^{20}$  atoms/cm<sup>3</sup>以上の濃度で含むゲッタリング用の半導体膜807を、スパッタ法を用いて25~250nmの厚さで形成する。ゲッタリング用の半導体膜807は、半導体膜805とエッチングの選択比を大きくするため、半導体膜805よりも膜の密度の低い方がより望ましい。希ガス元素としてはヘリウム(H e)、ネオン(N e)、アルゴン(A r)、クリプトン(K r)、キセノン(X e)から選ばれた一種または複数種を用いる。

#### 【0097】

次に、図9(B)に示すように、ファーネスアニール法やRTA法を用いて加熱処理を施し、ゲッタリングを行う。ファーネスアニール法で行なう場合には、窒素雰囲気中にて450~600℃で0.5~12時間の加熱処理を行なう。また、RTA法を用いる場合には、加熱用のランプ光源を1~60秒、好ましくは30~60秒点灯させ、それを1~10回、好ましくは2~6回繰り返す。ランプ光源の発光強度は任意なものとするが、半導体膜が瞬間的には600~1000℃、好ましくは700~750℃程度にまで加熱されるようにする。

#### 【0098】

加熱処理により、半導体膜805内の触媒元素が、拡散により矢印に示すようにゲッタリング用の半導体膜807に移動し、ゲッタリングされる。

#### 【0099】

次に、ゲッタリング用の半導体膜807を選択的にエッチングして除去する。エッチングは、C l F<sub>3</sub>によるプラズマを用いないドライエッチング、或いはヒドラジンや、テトラエチルアンモニウムヒドロキシド((C H<sub>3</sub>)<sub>4</sub> N O H)を含む水溶液などアルカリ溶液によるウェットエッチングで行なうことができる。このとき酸化膜806によって

半導体膜の形成がエッチングされるのを防ぐことができる。

#### 【0100】

次に酸化膜806をフッ酸により除去した後、半導体膜805をパターンニングし、島状の半導体膜808を形成する(図9(C))。この島状の半導体膜808を用いてTF Tに代表される各種の半導体素子を形成することができる。なお、本発明においてゲッタリング工程は、本実施例に示した方法に限定されない。その他の方法を用いて半導体膜中の触媒元素を低減するようにしても良い。

#### 【0101】

本実施例の場合、レーザビームを半導体膜に照射する際、触媒元素による結晶化の際に形成された結晶が、基板により近い側において溶融されずに残存し、この溶融しなかった結晶を結晶核として結晶化が進む。よってレーザビームの照射による結晶化は基板側から表面に向かって均一に進みやすく、またその結晶方位を揃えやすいため、実施の形態の場合に比べて表面の荒れが抑えられる。よって後に形成される半導体素子、代表的にはTF Tの特性のはらつきがより抑えられる。

#### 【0102】

なお、本実施例では、触媒元素を添加してから加熱処理を行って結晶化を促進してから、レーザビームの照射により結晶性をより高めている構成について説明した。本発明はこれに限定されず、加熱処理の工程を省略しても良い。具体的には、触媒元素を添加してから加熱処理の代わりにレーザビームの照射を照射し、結晶性を高めるようにしても良い。

#### 【0103】

また、本実施例は、実施の形態や他の実施例と自由に組み合わせることができる。

#### 【実施例4】

#### 【0104】

本実施例では、他の実施例で作製したTF Tを用いて形成した発光素子を用いた発光装置(上面出射構造)を作製する例について説明する。ここで、上面出射構造とは、絶縁表面を有する基板の逆側から光を取り出す構造である。

#### 【0105】

図10は、発光装置を示す上面図、図11は図10をA-A'で切断した断面図である。点線で示された1001はソース信号線駆動回路、1002は画素部、1003はゲート側駆動回路である。また、1004は透明な封止基板、1005は第1シール材であり、第1シール材1005で囲まれた内側は、透明な第2シール材1007で充填されている。なお、第1シール材1005には基板間隔を保持するためのギャップ材が含有されている。

#### 【0106】

なお、1008は、ソース側駆動回路1001及びゲート側駆動回路1003に入力される信号を伝送するための接続配線であり、外部入力端子となるFPC(フレキシブルプリントサーキット)1009からビデオ信号やクロック信号を受け取る。なお、ここではFPCしか図示されていないが、このFPCにはプリント配線基盤(PWB)が取り付けられていても良い。

#### 【0107】

次に、断面構造について図11を用いて説明する。基板1010上には駆動回路及び画素部が形成されているが、ここでは、駆動回路としてソース側駆動回路1001と画素部1002が示されている。

#### 【0108】

なお、ソース側駆動回路1001はnチャネル型TF T1023とpチャネル型TF T1024とを組み合わせたCMOS回路が形成される。また、駆動回路を形成するTF Tは、公知のCMOS回路、PMOS回路もしくはNMOS回路で形成しても良い。また、本実施例では、基板上に駆動回路を形成したドライバータイプを示すが、必ずしもその必要はなく、基板上ではなく外部に形成することもできる。また、ポリシリコン膜を活性層とするTF Tの構造は特に限定されず、トップゲート型TF Tであってもよいし、ボトム

ノード至1011のついてもよい。

#### 【0109】

また、画素部1002はスイッチング用TF T 1011と、電流制御用TF T 1012とそのドレインに電氣的に接続された第1の電極（陽極）1013を含む複数の画素により形成される。電流制御用TF T 1012としてはnチャネル型TF Tであってもよいし、pチャネル型TF Tであってもよいが、陽極と接続させる場合、pチャネル型TF Tとすることが好ましい。また、保持容量（図示しない）を適宜設けることが好ましい。なお、ここでは無数に配置された画素のうち、一つの画素の断面構造のみを示し、その一つの画素に2つのTF Tを用いた例を示したが、3つ、またはそれ以上のTF Tを適宜、用いてもよい。

#### 【0110】

ここでは第1の電極（陽極）1013がTF Tのドレインと直接接している構成となっているため、第1の電極（陽極）1013の下層はシリコンからなるドレインとオーミックコンタクトのとれる材料層とし、有機化合物を含む層と接する最上層を仕事関数の大きい材料層とすることが望ましい。第一の電極（陽極）としては、仕事関数が4.0 eV以上のものを用いることが望ましい。例えば、窒化チタン膜とアルミニウムを主成分とする膜と窒化チタン膜との3層構造とすると、配線としての抵抗も低く、且つ、良好なオーミックコンタクトがとれ、且つ、陽極として機能させることができる。また、第1の電極（陽極）1013は、ITO（indium tin oxide）、酸化インジウムに2～20%の酸化珪素（ $\text{SiO}_2$ ）を混合したITSO、金（Au）、白金（Pt）、ニッケル（Ni）、タングステン（W）、クロム（Cr）、モリブデン（Mo）、鉄（Fe）、コバルト（Co）、銅（Cu）、パラジウム（Pd）、亜鉛（Zn）、Pt膜、モリブデン（Mo）、または金属材料の窒化物（窒化チタンなど）の単層としてもよいし、3層以上の積層を用いてもよい。

#### 【0111】

また、第1の電極（陽極）1013の両端には絶縁物（バンク、隔壁、障壁、土手などと呼ばれる）1014が形成される。絶縁物1014は有機樹脂膜もしくは珪素を含む絶縁膜で形成すれば良い。ここでは、絶縁物1014として、ポジ型の感光性アクリル樹脂膜を用いて図11に示す形状の絶縁物を形成する。

#### 【0112】

成膜性を良好なものとするため、絶縁物1014の上端部または下端部に曲率を有する曲面が形成されるようにする。例えば、絶縁物1014の材料としてポジ型の感光性アクリルを用いた場合、絶縁物1014の上端部のみに曲率半径（ $0.2\mu\text{m}\sim 3\mu\text{m}$ ）を有する曲面を持たせることが好ましい。また、絶縁物1014として、感光性の光によってエッチャントに不溶解性となるネガ型、或いは光によってエッチャントに溶解性となるポジ型のいずれも使用することができる。

#### 【0113】

また、絶縁物1014を窒化アルミニウム膜、窒化酸化アルミニウム膜、炭素を主成分とする薄膜、または窒化珪素膜からなる保護膜で覆ってもよい。

#### 【0114】

次に電界発光層1015を形成する。電界発光層1015を形成する材料としては、低分子、高分子、低分子と高分子の間の性質を持つ中分子の材料がある。本実施例では、蒸着法によって電界発光層1015を形成するため、低分子の材料を使用する。低分子材料も高分子材料も、溶媒に溶かすことでスピンコートやインクジェット法により塗布することができる。また、有機材料だけではなく、無機材料との複合材料も使用することができる。

#### 【0115】

また、第1の電極（陽極）1013上には電界発光層615を選択的に形成する。例えば真空度が $5\times 10^{-3}\text{Torr}$ （ $0.665\text{Pa}$ ）以下、好ましくは $10^{-4}\sim 10^{-6}\text{Torr}$ まで真空排気された成膜室で蒸着を行う。蒸着の際、加熱により、予め有機化合物は

なされている。なされた有機化合物は熱処理、電界発光層 1015 (第1の電極層から正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層、電子注入層) が形成される。なお、電界発光層 1015 の構成はこのような積層でなくとも良く、単層、混合層で形成されていても良い。さらに、電界発光層 1015 上には第2の電極 (陰極) 1016 が形成される。

#### 【0116】

なお、第2の電極 1016 (陰極) としては、仕事関数の小さい (仕事関数 3.8 eV 以下が目安) 金属、合金、電気伝導性化合物、及びこれらの混合物などを用いることが好ましい。具体的な材料としては、元素周期律の1族又は2族に属する元素、すなわち Li や Rb、Cs 等のアルカリ金属、及び Mg、Ca、Sr 等のアルカリ土類金属、及びこれらを含む合金 (Mg:Ag、Al:Li) や化合物 (LiF、CsF、CaF<sub>2</sub>) の他、希土類金属 (Yb など) を含む遷移金属を用いて形成することができる。但し、本実施例において第2の電極 (陰極) は透光性を有するため、これらの金属、又はこれらの金属を含む合金を非常に薄く形成し、ITO、IZO、ITSO 又はその他の金属 (合金を含む) との積層により形成することができる。

#### 【0117】

ここでは、発光が透過するように、第2の電極 (陰極) 1016 として、膜厚を薄くした仕事関数の小さい金属薄膜と、透明導電膜 (ITO、IZO、ZnO 等) との積層を用いる。こうして、第1の電極 (陽極) 1013、電界発光層 1015、及び第2の電極 (陰極) 1016 からなる電界発光素子 1018 が形成される。

#### 【0118】

本実施例では、電界発光層 1015 として、正孔注入層である Cu-Pc (20 nm)、ホール輸送性の第1の発光層である  $\alpha$ -NPD (30 nm)、第2の発光層である CBP+Pt (ppy) acac:15 wt% (20 nm)、電子輸送層である BCP (30 nm) を順次積層することにより形成する。なお、第2の電極 (陰極) 1016 として仕事関数の小さい金属薄膜を用いているため、ここでは電子注入層 (CaF<sub>2</sub>) を用いる必要はない。

#### 【0119】

このようにして形成された電界発光素子 1018 は、白色発光を呈する。なお、ここでは、フルカラー化を実現するために着色層 1031 と遮光層 (BM) 1032 からなるカラーフィルター (簡略化のため、ここではオーバーコート層は図示しない) を設けている。

#### 【0120】

また、電界発光素子 1018 を封止するために透明保護積層 1017 を形成する。この透明保護積層 1017 は、第1の無機絶縁膜と、応力緩和膜と、第2の無機絶縁膜との積層からなっている。第1の無機絶縁膜および第2の無機絶縁膜としては、スパッタ法または CVD 法により得られる窒化珪素膜、酸化珪素膜、窒化酸化珪素膜 (SiNO 膜 (組成比 N>O))、酸化窒化珪素膜 (SiON 膜 (組成比 N<O))、炭素を主成分とする薄膜 (例えば DLC 膜、CN 膜) を用いることができる。これらの無機絶縁膜は水分に対して高いブロッキング効果を有しているが、膜厚が厚くなると膜応力が増大してピーリングや膜剥がれが生じやすい。

#### 【0121】

しかし、第1の無機絶縁膜と第2の無機絶縁膜との間に応力緩和膜を挟むことで、応力を緩和するとともに水分を吸収することができる。また、成膜時に何らかの原因で第1の無機絶縁膜に微小な穴 (ピンホールなど) が形成されたとしても、応力緩和膜で埋められ、さらにその上に第2の無機絶縁膜を設けることによって、水分や酸素に対して極めて高いブロッキング効果を有する。

#### 【0122】

また、応力緩和膜としては、無機絶縁膜よりも応力が小さく、且つ、吸湿性を有する材料が好ましい。加えて、透光性を有する材料であることが望ましい。また、応力緩和膜と

し、 $\alpha$ - $\text{NiO}$ 、 $\text{CuI}$ 、 $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ などの有機化合物を含む材料膜を用いてもよく、これらの材料膜は、吸湿性を有し、膜厚が薄ければ、ほぼ透明である。また、 $\text{MgO}$ 、 $\text{SrO}_2$ 、 $\text{SrO}$ は吸湿性及び透光性を有し、蒸着法で薄膜を得ることができるため、応力緩和膜に用いることができる。

#### 【0123】

本実施例では、シリコンターゲットを用い、窒素とアルゴンを含む雰囲気中で成膜した膜、即ち、水分やアルカリ金属などの不純物に対してブロッキング効果の高い窒化珪素膜を第1の無機絶縁膜または第2の無機絶縁膜として用い、応力緩和膜として蒸着法により $\text{Al}_2\text{O}_3$ の薄膜を用いる。また、透明保護積層に発光を通過させるため、透明保護積層のトータル膜厚は、可能な限り薄くすることが好ましい。

#### 【0124】

また、電界発光素子1018を封止するために不活性気体雰囲気下で第1シール材1005、第2シール材1007により封止基板1004を貼り合わせる。なお、第1シール材1005、第2シール材1007としてはエポキシ系樹脂を用いるのが好ましい。また、第1シール材1005、第2シール材1007はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。

#### 【0125】

また、本実施例では封止基板1004を構成する材料としてガラス基板や石英基板の他、FRP(Fiberglass-Reinforced Plastics)、PVF(ポリビニルフロライド)、ポリエステルまたはアクリル等からなるプラスチック基板を用いることができる。また、第1シール材1005、第2シール材1007を用いて封止基板1004を接着した後、さらに側面(露呈面)を覆うように第3のシール材で封止することも可能である。

#### 【0126】

以上のようにして電界発光素子1018を第1シール材1005、第2シール材1007に封入することにより、電界発光素子1018を外部から完全に遮断することができ、外部から水分や酸素といった電界発光層1015の劣化を促す物質が侵入することを防ぐことができる。従って、信頼性の高い発光装置を得ることができる。

#### 【0127】

また、第1の電極(陽極)1013として透明導電膜を用いれば両面発光型の発光装置を作製することもできる。

#### 【0128】

本実施例は、本発明の実施の形態または他の実施例と自由に組み合わせることができる。また、発光素子を用いた表示装置に限らず、本発明を用いて結晶化を行った半導体膜を用いて、液晶を用いた表示装置を作製することが可能である。

#### 【実施例5】

#### 【0129】

本実施例では、本発明を用いて作製する半導体装置の1つの例として、CPU(中央演算装置: Central Processing Unit)を作製する過程を図12~図16を用いて示す。

#### 【0130】

図12(A)に示すように、絶縁表面を有する基板1200上に下地絶縁膜1201を形成する。基板1200には、例えばバリウムホウケイ酸ガラスや、アルミノホウケイ酸ガラスなどのガラス基板を用いることができる。また、PET、PES、PENに代表されるプラスチックや、アクリル等の可撓性を有する合成樹脂からなる基板は、一般的に他の基板と比較して耐熱温度が低い傾向にあるが、本作製工程における処理温度に耐え得るのであれば用いることが可能である。

#### 【0131】

下地絶縁膜1201は基板1200中に含まれるNaなどのアルカリ金属アルカリ土類金属が、半導体膜中に拡散し、半導体素子の特性に悪影響を及ぼすのを防ぐために設ける

。よって、アルカリ金属やアルカリ土類金属の半導体膜への拡散を抑えることができる酸化珪素や、窒化珪素、窒素を含む酸化珪素などの絶縁膜を用いて形成する。

#### 【0132】

下地絶縁膜1201上に非晶質半導体膜1202を形成する。非晶質半導体膜1202の膜厚は25～100nm（好ましくは30～60nm）とする。また非晶質半導体は珪素だけではなくシリコンゲルマニウムも用いることができ、シリコンゲルマニウムを用いる場合、ゲルマニウムの濃度は0.01～4.5atomic%程度であることが好ましい。ここでは66nmの珪素を主成分とする半導体膜（非晶質珪素膜、アモルファスシリコンとも表記する）を用いる。

#### 【0133】

その後、実施の形態や他の実施例で説明したように、非晶質半導体膜1202にレーザー1203の照射を行う（図12（B））。このレーザー照射により、非晶質半導体膜1202は結晶化され、結晶構造を有する半導体膜1204（ここではポリシリコン膜）が形成される。

#### 【0134】

次いで、図12（C）に示すように、結晶構造を有する半導体膜を所定の形状にパターニングし、島状の半導体層1206a～1206eを得る。

#### 【0135】

次いで、必要があれば、薄膜トランジスタの電気特性であるしきい値をよりゼロに近づかせるために不純物元素（ボロンなど）を微量に添加する。

#### 【0136】

次いで、島状の半導体層1206a～1206eを覆う絶縁膜、いわゆるゲート絶縁膜1208を形成する。なお、ゲート絶縁膜1208の形成前に、島状の半導体膜の表面をフッ酸等により洗浄する。ゲート絶縁膜1208はプラズマCVD法またはスパッタ法を用い、厚さを10～150nm、好ましくは20～40nmとしてシリコンを含む絶縁膜で形成する。勿論、ゲート絶縁膜1208は酸化珪素膜に限定されるものでなく、他のシリコンを含む絶縁膜（窒化珪素膜や酸化窒化珪素膜など）を単層または積層構造として用いてもよい。また、ゲート絶縁膜1208を窒化酸化珪素膜と酸化窒化珪素膜の積層とする場合には、ガスを切り替えて連続成膜を行っても良い。

#### 【0137】

その後、ゲート絶縁膜1208上にゲート電極となる導電膜1209a、1209bを形成する。ここではゲート電極を2層構造としたが、勿論、単層であっても3層以上の積層であってもよい。導電膜1209a、1209bは、Ta、W、Ti、Mo、Al、Cuから選ばれた元素、またはこれらの元素を主成分とする合金材料もしくは化合物材料で形成すればよい。

#### 【0138】

次いで、図13（A）に示すように、第1の導電膜1209a、第2の導電膜1209bを、エッチングするためのレジストマスク1210を形成する。なお、レジストマスク1210の端部はテーパー形状を有すればよく、レジストマスクの形状は扇形、又は台形となってもよい。

#### 【0139】

次いで、図13（B）に示すように、レジストマスク1210を用いて、第2の導電膜1209bを選択的にエッチングする。なお、第1の導電膜1209aは、ゲート絶縁膜1208や半導体膜1206a～1206eがエッチングされないよう、いわゆるエッチングストッパーとして機能する。エッチングされた第2の導電膜1209bは、0.2μm以上1.0μm以下のゲート長を有する。

#### 【0140】

次いで、図13（C）に示すように、レジストマスク1210を設けた状態で、第1の導電膜1209aをエッチングする。このとき、ゲート絶縁膜1208と、第1の導電膜1209aとの選択比の高い条件で第1の導電膜1209aをエッチングする。この工程

により、レジストマスク1210、第2の導電膜1209よりも多量にエッチングされ、こつに細くなることがある。以上のようにゲート長が $1.0\text{ }\mu\text{m}$ 以下と非常に小さいゲート電極1209が形成される。

#### 【0141】

次に、図14(A)に示すように、レジストマスク1210を $\text{O}_2$ アッシングやレジスト剥離液により除去し、不純物添加用のレジストマスク1215を適宜形成する。ここでは、pチャネル型TF Tとなる領域を覆うようにレジストマスク1215を形成する。

#### 【0142】

次いで、nチャネル型TF Tとなる領域に、ゲート電極1209をマスクとして自己整合的に不純物元素であるリン(P)を添加する。ここでは、フォスフィン( $\text{PH}_3$ )を $60\sim 80\text{ keV}$ でドーピングする。この工程によって、nチャネル型のTF Tとなる領域に、不純物領域1216a~1216cが形成される。

#### 【0143】

次いで、レジストマスク1215を除去して、nチャネル型TF Tとなる領域を覆うようにレジストマスク1217を形成する。次いで、図12(B)に示すように、ゲート電極1209をマスクとして、自己整合的に不純物元素であるボロン(B)を添加する。この工程によって、pチャネル型TF Tとなる領域に不純物領域1218a、1218bが形成される。

#### 【0144】

次いで、レジストマスク1217を除去した後、図14(C)に示すように、ゲート電極1209の側面を覆う絶縁膜、いわゆるサイドウォール1219a~1219cを形成する。サイドウォール1219a~1219cは、プラズマCVD法や減圧CVD(LP CVD)法を用いて、珪素を有する絶縁膜を形成した後、エッチングを行うことにより形成することができる。

#### 【0145】

次いで、pチャネル型のTF T上にレジストマスク1221を形成し、フォスフィン( $\text{PH}_3$ )を $15\sim 25\text{ keV}$ でドーピングし、高濃度不純物領域、いわゆるソース領域及びドレイン領域を形成する。この工程によって、図14(C)に示すように、サイドウォール1219a~1219cをマスクとして、自己整合的に高濃度不純物領域1220a~1220cが形成される。

#### 【0146】

次いで、レジストマスク1221を $\text{O}_2$ アッシングやレジスト剥離液により除去する。

#### 【0147】

次いで、各不純物領域を活性化するための加熱処理を行う。ここでは、実施の形態や他の実施例に示したレーザ照射方法を用いて不純物領域の活性化を行う。また、基板を窒素雰囲気中で $550^\circ\text{C}$ に加熱することにより不純物領域の活性化を行ってもよい。

#### 【0148】

次に、図15(A)に示すように、ゲート絶縁膜1208およびゲート電極1209を覆う第1の層間絶縁膜1222を形成する。第1の層間絶縁膜1222は水素を有する無機絶縁膜、例えば窒化珪素膜を用いる。

#### 【0149】

その後、加熱処理を行い、水素化を施す。第1の層間絶縁膜1222である窒化珪素膜から放出される水素により、酸化珪素膜や珪素膜のダングリングボンドを終端する。

#### 【0150】

次いで、図15(A)に示すように、第1の層間絶縁膜1222を覆うように第2の層間絶縁膜1223を形成する。第2の層間絶縁膜1223は、無機材料(酸化珪素、窒化珪素、酸素を含む窒化珪素など)、感光性または非感光性の有機材料(ポリイミド、アクリル、ポリアミド、ポリイミドアミド、レジストまたはベンゾシクロブテン)、珪素(Si)と酸素(O)との結合で骨格構造が構成され、置換基に少なくとも水素を含む、または置換基にフッ素、アルキル基、または芳香族炭化水素のうち少なくとも1種を有する材

材、いわゆるシロヤク、及びこれらの積層構造を用いることができる。

#### 【0151】

次いで、ゲート絶縁膜1208、第1の絶縁膜1222、第2の絶縁膜1223に開口部、いわゆるコンタクトホールを形成する。そして、図15(B)に示すように各不純物領域と接続する配線1225a~1225eを形成する。また、必要であれば、同時にゲート電極と接続する配線も形成する。なお、これらの配線は、アルミニウム(A1)、チタン(Ti)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)もしくはシリコン(Si)の元素からなる膜又はこれらの元素を用いた合金膜を用いればよい。加えて、これらの配線は、ニッケル、コバルト、鉄のうち少なくとも1種の元素、及び炭素を含むアルミニウム合金膜で形成してもよい。

#### 【0152】

以上のようにして、低濃度不純物領域を有するように形成するLDD構造からなり、ゲート長が $1.0\mu\text{m}$ 以下となるnチャネル型の薄膜トランジスタを形成することができる。また、低濃度不純物領域を有さないように形成するいわゆるシングル・ドレイン構造からなり、ゲート長が $1.0\mu\text{m}$ 以下となるpチャネル型の薄膜トランジスタが完成する。なおゲート長が $1.0\mu\text{m}$ 以下となるTFETをサブミクロンTFETとも表記できる。pチャネル型の薄膜トランジスタは、ホットキャリアによる劣化や短チャネル効果が生じにくいことから、シングル・ドレイン構造とすることができる。

#### 【0153】

なお本発明において、pチャネル型の薄膜トランジスタをLDD構造としてもよい。さらにnチャネル型の薄膜トランジスタ、及びpチャネル型の薄膜トランジスタにおいて、LDD構造に代えて、低濃度不純物領域がゲート電極と重なる、いわゆるGOLD構造を有してもよい。

#### 【0154】

以上のように形成された薄膜トランジスタを有する半導体装置、本実施例においてはCPUを作製することができ、駆動電圧5Vで、動作周波数30MHzと高速動作が可能となる。

#### 【0155】

次に、上述の薄膜トランジスタを適宜用いて各種回路を構成する例を図16を用いて説明する。図16はガラス基板1600上に形成したCPUのブロック図を示している。

#### 【0156】

図16に示すCPUは、基板1600上に、演算回路(ALU:Arithmetic logic unit)1601、演算回路用の制御部(ALU Controller)1602、命令解析部(Instruction Decoder)1603、割り込み制御部(Interrupt Controller)1604、タイミング制御部(Timing Controller)1605、レジスタ(Register)1606、レジスタ制御部(Register Controller)1607、バスインターフェース(Bus I/F)1608、書き換え可能なROM1609、ROMインターフェース(ROM I/F)1620とを主に有している。またROM1609及びROM I/F1620は、別チップに設けても良い。

#### 【0157】

勿論、図16に示すCPUは、その構成を簡略化して示した一例にすぎず、実際のCPUはその用途によって多種多様な構成を有している。

#### 【0158】

バスインターフェース1608を介してCPUに入力された命令は、命令解析部1603に入力され、デコードされた後、演算回路用の制御部1602、割り込み制御部1604、レジスタ制御部1607、タイミング制御部1605に入力される。

#### 【0159】

演算回路用の制御部1602、割り込み制御部1604、レジスタ制御部1607、タイミング制御部1605は、デコードされた命令に基づき、各種制御を行う。具体的に演算回路用の制御部1602は、演算回路1601の動作を制御するための信号を生成する。また、割り込み制御部1604は、CPUのプログラム実行中に、外部の入出力装置や

、周辺回路からの割り込みを防止し、その優先度やマヘノ状態から判断し、処理する。レジスタ制御部1607は、レジスタ1606のアドレスを生成し、CPUの状態に応じてレジスタ1606の読み出しや書き込みを行う。

#### 【0160】

また、タイミング制御部1605は、演算回路1601、演算回路用の制御部1602、命令解析部1603、割り込み制御部1604、レジスタ制御部1607の動作のタイミングを制御する信号を生成する。例えばタイミング制御部1605は、基準クロック信号CLK1(1621)を元に、内部クロック信号CLK2(1622)を生成する内部クロック生成部を備えており、クロック信号CLK2を上記各種回路に供給する。

#### 【0161】

本発明により、一度の走査で広い面積のレーザビームの照射を良好に行うことができる。また、CPUを低コストかつ良好な品質で作製することができる。

#### 【0162】

なお、本実施例は、実施の形態や他の実施例と自由に組み合わせることができる。

#### 【実施例6】

#### 【0163】

ここでは、本発明を用いて作製する半導体装置の1つの例として、薄膜集積回路、または非接触型薄膜集積回路装置(無線ICタグ、RFID(無線認証、Radio Frequency Identification)とも呼ばれる)を作製する過程を図17～図20を用いて示す。

#### 【0164】

なお、無線ICタグの集積回路に用いられる半導体素子として絶縁分離されたTF Tを用いた例を以下に示すが、無線ICタグの集積回路に用いられる半導体素子はTF Tに限定されず、あらゆる素子を用いることができる。例えば、TF Tの他に、記憶素子、ダイオード、光電変換素子、抵抗素子、コイル、容量素子、インダクタなどが代表的に挙げられる。

#### 【0165】

まず、図17(A)に示すように、スパッタ法を用いてガラス基板(第1の基板)1700上に剥離層1701を形成する。剥離層1701は、スパッタ法、減圧CVD法、プラズマCVD法等を用いて形成することができる。本実施例では、膜厚50nm程度の非晶質シリコンを減圧CVD法で形成し、剥離層1701として用いる。なお剥離層1701はシリコンに限定されず、エッチングにより選択的に除去できる材料(例えば、W、Moなど)で形成すれば良い。剥離層1701の膜厚は、50～60nmとするのが望ましい。

#### 【0166】

次いで、剥離層1701上に、下地絶縁膜1702を形成する。下地絶縁膜1702は第1の基板中に含まれるNaなどのアルカリ金属やアルカリ土類金属が、半導体膜中に拡散し、TF Tなどの半導体素子の特性に悪影響を及ぼすのを防ぐために設ける。また、下地絶縁膜1702は、後の半導体素子を剥離する工程において、半導体素子を保護する役目も有している。下地絶縁膜1702は単層であっても複数の絶縁膜を積層したものであっても良い。よってアルカリ金属やアルカリ土類金属の半導体膜への拡散を抑えることができる酸化珪素や、窒化珪素、窒素を含む酸化珪素(SiON)、酸素を含む窒化珪素(SiNO)などの絶縁膜を用いて形成する。

#### 【0167】

次に、下地絶縁膜1702上に半導体膜1703を形成する。半導体膜1703は、下地膜1702を形成した後、大気に曝さずに形成することが望ましい。半導体膜1703の膜厚は20～200nm(望ましくは40～170nm、好ましくは50～150nm)とする。

#### 【0168】

そして、実施の形態や他の実施例と同様に、半導体膜1703に対してレーザビームを照射して半導体膜1703を結晶化する。半導体膜1703へのレーザビームの照射によ

り、和面は半導体膜1704が形成される。なお、図17(A)は、レーザビームの走査途中を示す断面図である。

#### 【0169】

次いで、図17(B)に示すように、結晶構造を有する半導体膜1707をパターンニングして、島状の半導体膜1705~1707を形成した後、ゲート絶縁膜1708を形成する。ゲート絶縁膜1708は、プラズマCVD法又はスパッタリング法などを用い、窒化珪素、酸化珪素、窒素を含む酸化珪素又は酸素を含む窒化珪素を含む膜を、単層で、又は積層させて形成することができる。

#### 【0170】

なお、ゲート絶縁膜1708を形成した後、3~100%の水素を含む雰囲気中で、300~450℃で1~12時間の熱処理を行ない、島状の半導体膜1705~1707を水素化する工程を行なっても良い。また、水素化の他の手段として、プラズマ水素化(プラズマにより励起された水素を用いる)を行っても良い。

#### 【0171】

次に図17(C)に示すように、ゲート電極1709~1711を形成する。ここでは、SiとWをスパッタ法で積層するように形成した後、レジスト1712をマスクとしてエッチングを行なうことにより、ゲート電極1709~1711を形成した。勿論、ゲート電極1709~1711の導電材料、構造、作製方法は、これに限定されるものではなく、適宜選択することができる。例えば、n型を付与する不純物がドーピングされたSiとNiSi(ニッケルシリサイド)との積層構造や、Ta<sub>2</sub>N(窒化タンタル)とW(タングステン)の積層構造としてもよい。また、種々の導電材料を用いて単層で形成しても良い。また、ゲート電極とアンテナとを同時に形成する場合には、それらの機能を考慮して材料を選択すればよい。

#### 【0172】

また、レジストマスクの代わりに、SiO<sub>x</sub>等のマスクを用いてもよい。この場合、パターンニングしてSiO<sub>x</sub>、SiON等のマスク(ハードマスクと呼ばれる。)を形成する工程が加わるが、エッチング時におけるマスクの膜減りがレジストよりも少ないため、所望の幅のゲート電極1709~1711を形成することができる。また、レジスト1712を用いずに、液滴吐出法を用いて選択的にゲート電極1709~1711を形成しても良い。

#### 【0173】

次いで、図15(D)に示すように、pチャネル型TF<sub>2</sub>Tとなる島状の半導体膜1706をレジスト1713で覆い、ゲート電極1709、1711をマスクとして、島状の半導体膜1705、1707に、n型を付与する不純物元素(代表的にはP(リン)又はAs(砒素))を低濃度にドーピングする。このドーピング工程によって、ゲート絶縁膜1708を介してドーピングがなされ、島状の半導体膜1705、1707に、一対の低濃度不純物領域1716、1717が形成される。なお、このドーピング工程は、pチャネル型TF<sub>2</sub>Tとなる島状の半導体膜1713をレジストで覆わずに行っても良い。

#### 【0174】

次いで、図17(E)に示すように、レジスト1713をアッシング等により除去した後、nチャネル型TF<sub>2</sub>Tとなる島状の半導体膜1705、1707を覆うように、レジスト1718を新たに形成し、ゲート電極1710をマスクとして、島状の半導体膜1706に、p型を付与する不純物元素(代表的にはB(ホウ素))を高濃度にドーピングする。このドーピング工程によって、ゲート絶縁膜1708を介してドーピングがなされ、島状の半導体膜1706に、一対のp型の高濃度不純物領域1720が形成される。

#### 【0175】

次いで、図18(A)に示すように、レジスト1718をアッシング等により除去した後、ゲート絶縁膜1708及びゲート電極1709~1711を覆うように、絶縁膜1721を形成する。

#### 【0176】

この後、エッチバック法により、絶縁膜 1721、ノード絶縁膜 1700 を部分的にエッチングし、図 18 (B) に示すように、ゲート電極 1709 ~ 1712 の側壁に接するサイドウォール 1722 ~ 1724 を自己整合的 (セルフアライン) に形成する。エッチングガスとしては、 $\text{CHF}_3$  と  $\text{He}$  の混合ガスを用いた。なお、サイドウォールを形成する工程は、これらに限定されるものではない。

#### 【0177】

次いで、図 18 (C) に示すように、p チャネル型 TFT となる島状の半導体膜 1507 を覆うように、レジスト 1726 を新たに形成し、ゲート電極 1709、1711 及びサイドウォール 1722、1724 をマスクとして、n 型を付与する不純物元素 (代表的には P 又は As) を高濃度にドーピングする。このドーピング工程によって、ゲート絶縁膜 1708 を介してドーピングがなされ、島状の半導体膜 1705、1707 に、一対の n 型の高濃度不純物領域 1727、1728 が形成される。

#### 【0178】

次に、レジスト 1726 をアッシング等により除去した後、不純物領域の熱活性化を行っても良い。例えば、50 nm の  $\text{SiON}$  膜を成膜した後、550℃、4 時間、窒素雰囲気下において、加熱処理を行なえばよい。また、水素を含む  $\text{SiN}_x$  膜を、100 nm の膜厚に形成した後、410℃、1 時間、窒素雰囲気下において、加熱処理を行なうことにより、多結晶半導体膜の欠陥を改善することができる。これは、例えば、多結晶半導体膜中に存在するダングリングボンドを終端させるものであり、水素化処理工程などと呼ばれる。

#### 【0179】

上述した一連の工程により、n チャネル型 TFT 1730、p チャネル型 TFT 1731、n チャネル型 TFT 1732 が形成される。上記作製工程において、エッチバック法の条件を適宜変更し、サイドウォールのサイズを調整することで、チャネル長 0.2  $\mu\text{m}$  ~ 2  $\mu\text{m}$  の TFT を形成することができる。

#### 【0180】

さらに、この後、TFT 1730 ~ 1732 を保護するためのパッシベーション膜を形成しても良い。

#### 【0181】

次いで、図 19 (A) に示すように、TFT 1730 ~ 1732 を覆うように、第 1 の層間絶縁膜 1733 を形成する。

#### 【0182】

さらに、第 1 の層間絶縁膜 1733 上に、第 2 の層間絶縁膜 1734 を形成する。なお、第 1 の層間絶縁膜 1733 又は第 2 の層間絶縁膜 1734 と、後に形成される配線を構成する導電材料等との熱膨張率の差から生じる応力によって、第 1 の層間絶縁膜 1733 又は第 2 の層間絶縁膜 1734 の膜剥がれや割れが生じるのを防ぐために、第 1 の層間絶縁膜 1733 又は第 2 の層間絶縁膜 1734 中にフィラーを混入させておいても良い。

#### 【0183】

次いで、図 19 (A) に示すように、第 1 の層間絶縁膜 1733、第 2 の層間絶縁膜 1734 及びゲート絶縁膜 1708 にコンタクトホールを形成し、TFT 1730 ~ 1732 に接続する配線 1735 ~ 1739 を形成する。なお、配線 1735、1736 は n チャネル型 TFT 1730 の高濃度不純物領域 1727 に、配線 1736、1737 は p チャネル型 TFT 1731 の高濃度不純物領域 1720 に、配線 1738、1739 は n チャネル型 TFT 1732 の高濃度不純物領域 1728 に、それぞれ接続されている。さらに配線 1739 は、n チャネル型 TFT 1732 のゲート電極 1711 にも接続されている。n チャネル型 TFT 1732 は、乱数 ROM のメモリ素子として用いることができる。

#### 【0184】

次いで、図 19 (B) に示すように、配線 1735 ~ 1739 を覆うように、第 2 の層間絶縁膜 1734 上に第 3 の層間絶縁膜 1741 を形成する。第 3 の層間絶縁膜 1741

は、配線 1733 が一部露出する様な位置に開口部を有するものに形成する。なお、第 3 の層間絶縁膜 1741 は、第 1 の層間絶縁膜 1733 と同様の材料を用いて形成することが可能である。

#### 【0185】

次に、第 3 の層間絶縁膜 1741 上にアンテナ 1742 を形成する。アンテナ 1742 は、Ag、Au、Cu、Pd、Cr、Mo、Ti、Ta、W、Al、Fe、Co、Zn、Sn、Ni などの金属、金属化合物を 1 つまたは複数有する導電材料を用いることができる。そしてアンテナ 1742 は、配線 1735 と接続されている。なお、図 19 (B) では、アンテナ 1742 が配線 1735 と直接接続されているが、本発明の無線 IC タグはこの構成に限定されない。例えば別途形成した配線を用いて、アンテナ 1742 と配線 1735 とを電氣的に接続するようにしても良い。

#### 【0186】

アンテナ 1742 は印刷法、フォトリソグラフィ法、蒸着法または液滴吐出法などを用いて形成することができる。図 19 (B) では、アンテナ 1742 が単層の導電膜で形成されているが、複数の導電膜が積層されたアンテナ 1742 を形成することも可能である。例えば、Ni などで形成した配線に、Cu を無電解めっきでコーティングして、アンテナ 1742 を形成しても良い。

#### 【0187】

なお液滴吐出法とは、所定の組成物を含む液滴を細孔から吐出して所定のパターンを形成する方法を意味し、インクジェット法などがその範疇に含まれる。また印刷法にはスクリーン印刷法、オフセット印刷法などが含まれる。印刷法、液滴吐出法を用いることで、露光用のマスクを用いずとも、アンテナ 1742 を形成することが可能になる。また、液滴吐出法、印刷法だと、フォトリソグラフィ法と異なり、エッチングにより除去されてしまうような材料の無駄がない。また高価な露光用のマスクを用いなくとも良いので、無線 IC タグの作製に費やされるコストを抑えることができる。

#### 【0188】

液滴吐出法または各種印刷法を用いる場合、例えば、Cu を Ag でコートした導電粒子なども用いることが可能である。なお液滴吐出法を用いてアンテナ 1742 を形成する場合、アンテナ 1742 の密着性が高まるような処理を、第 3 の層間絶縁膜 1741 の表面に施すことが望ましい。

#### 【0189】

密着性を高めることができる方法として、具体的には、例えば触媒作用により導電膜または絶縁膜の密着性を高めることができる金属または金属化合物を第 3 の層間絶縁膜 1741 の表面に付着させる方法、形成される導電膜または絶縁膜との密着性が高い有機系の絶縁膜、金属、金属化合物を第 3 の層間絶縁膜 1741 の表面に付着させる方法、第 3 の層間絶縁膜 1741 の表面に大気圧下または減圧下においてプラズマ処理を施し、表面改質を行なう方法などが挙げられる。

#### 【0190】

第 3 の層間絶縁膜 1741 に付着させる金属または金属化合物が導電性を有する場合、アンテナの正常な動作が妨げられないように、そのシート抵抗を制御する。具体的には、導電性を有する金属または金属化合物の平均の厚さを、例えば 1 ~ 10 nm となるように制御したり、これらの金属または金属化合物を酸化により部分的に、または全体的に絶縁化したりすれば良い。或いは、密着性を高めたい領域以外は、付着した金属または金属化合物をエッチングにより選択的に除去しても良い。また金属または金属化合物を、予め基板の全面に付着させるのではなく、液滴吐出法、印刷法、ゾルーゲル法などを用いて特定の領域にのみ選択的に付着させても良い。なお金属または金属化合物は、第 3 の層間絶縁膜 1741 の表面において完全に連続した膜状である必要はなく、ある程度分散した状態であっても良い。

#### 【0191】

そして、図 20 (A) に示すように、アンテナ 1742 を形成した後、アンテナ 174

て覆ふように、第3の層間絶縁膜1741上に保護層1745を形成する。保護層1745は、後に剥離層1701をエッチングにより除去する際に、アンテナ1742を保護することができる材料を用いる。例えば、水またはアルコール類に可溶なエポキシ系、アクリレート系、シリコン系の樹脂を全面に塗布することで保護層1745を形成することができる。

#### 【0192】

次いで、図20(B)に示すように、無線ICタグを個別に分離するために溝1746を形成する。溝1746は、剥離層1701が露出する程度であれば良い。溝1746の形成は、ダイシング、スクライピングなどを用いることができる。なお、第1の基板1700上に形成されている無線ICタグを分離する必要がない場合、必ずしも溝1746を形成する必要はない。

#### 【0193】

次いで、図20(C)に示すように、剥離層1701をエッチングにより除去する。ここでは、エッチングガスとしてハロゲン化フッ素を用い、このガスを溝1746から導入する。例えば $\text{CF}_3$ （三フッ化塩素）を用い、温度を $350^\circ\text{C}$ とし、流量を $300\text{ sccm}$ とし、気圧を $798$ パスカル（ $798\text{ Pa}$ ）とし、処理時間を3時間とした条件で行う。また、 $\text{CF}_3$ ガスに窒素を混ぜたガスを用いても良い。 $\text{CF}_3$ 等のハロゲン化フッ素を用いることで、剥離層1701が選択的にエッチングされ、第1の基板1700を $\text{TFT1730} \sim 1732$ から剥離することができる。なおハロゲン化フッ素は、気体であっても液体であってもどちらでも良い。

#### 【0194】

次に図21(A)に示すように、剥離された $\text{TFT1730} \sim 1732$ 及びアンテナ1742を、接着剤1750を用いて第2の基板1751に貼り合わせる。接着剤1750は、第2の基板1751と下地膜1702とを貼り合わせることができる材料を用いる。接着剤1750は、例えば反応硬化型接着剤、熱硬化型接着剤、紫外線硬化型接着剤等の光硬化型接着剤、嫌気型接着剤などの各種硬化型接着剤を用いることができる。

#### 【0195】

なお、第2の基板1751として、フレキシブルな紙またはプラスチックなどの有機材料を用いることができる。

#### 【0196】

次いで、図21(B)に示すように、保護層1745を除去した後、アンテナ1742を覆うように接着剤1752を第3の層間絶縁膜1741上に塗布し、カバー材1753を貼り合わせる。カバー材1753は第2の基板1751と同様に、フレキシブルな紙またはプラスチックなどの有機材料を用いることができる。接着剤1752の厚さは、例えば $10 \sim 200\text{ }\mu\text{m}$ とすれば良い。

#### 【0197】

また接着剤1752は、カバー材1753と第3の層間絶縁膜1741及びアンテナ1742とを貼り合わせることができる材料を用いる。接着剤1752は、例えば反応硬化型接着剤、熱硬化型接着剤、紫外線硬化型接着剤等の光硬化型接着剤、嫌気型接着剤などの各種硬化型接着剤を用いることができる。

#### 【0198】

上述した各工程を経て、無線ICタグが完成する。上記作製方法によって、トータルの膜厚が $0.3\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $3\text{ }\mu\text{m}$ 以下、代表的には $2\text{ }\mu\text{m}$ 程度の飛躍的に薄い集積回路を第2の基板1751とカバー材1753との間に形成することができる。

#### 【0199】

なお、集積回路の厚さは、半導体素子自体の厚さのみならず、接着剤1750と接着剤1752との間に形成された各種絶縁膜及び層間絶縁膜の厚さを含めるものとする。また、無線ICタグが有する集積回路の占める面積を、 $5\text{ mm四方}(25\text{ mm}^2)$ 以下、より望ましくは $0.3\text{ mm四方}(0.09\text{ mm}^2) \sim 4\text{ mm四方}(16\text{ mm}^2)$ 程度とすることができる。

【０２００】

なお、本実施例では、耐熱性の高い第１の基板１７００と集積回路の間に剥離層を設け、エッチングにより剥離層を除去することで基板と集積回路とを剥離する方法について示したが、本発明の無線ＩＣタグの作製方法は、この構成に限定されない。例えば、耐熱性の高い基板と集積回路の間に金属酸化膜を設け、この金属酸化膜を結晶化により脆弱化して集積回路を剥離しても良い。或いは、耐熱性の高い基板と集積回路の間に、水素を含む非晶質半導体膜を用いた剥離層を設け、レーザービームの照射によりこの剥離層を除去することで基板と集積回路とを剥離しても良い。あるいは、集積回路が形成された耐熱性の高い基板を機械的に削除または溶液やガスによるエッチングで除去することで集積回路を基板から切り離しても良い。

【０２０１】

なお、本実施例では、アンテナを集積回路と同じ基板上に形成している例について説明したが、本発明はこの構成に限定されない。別の基板上に形成したアンテナと集積回路とを、後に貼り合わせることで、電氣的に接続するようにしても良い。

【０２０２】

なお、一般的にＲＦＩＤ（無線認証、Radio Frequency Identification）で用いられている電波の周波数は、１３．５６ＭＨｚ、２．４５ＧＨｚが多く、これらの周波数の電波を検波できるように無線ＩＣタグを形成することが、汎用性を高める上で非常に重要である。

【０２０３】

本実施例の無線ＩＣタグでは、半導体基板を用いて形成されたＲＦＩＤよりも電波が遮蔽されにくく、電波の遮蔽により信号が減衰するのを防ぐことができるというメリットを有している。よって、半導体基板を用いずに済むので、無線ＩＣタグのコストを大幅に低くすることができる。

【０２０４】

なお、本実施例では、集積回路を剥離して、可撓性を有する基板に貼り合わせる例について説明したが、本発明はこの構成に限定されない。例えばガラス基板のように、集積回路の作製工程における熱処理に耐えうるような、耐熱温度を有している基板を用いる場合、必ずしも集積回路を剥離する必要はない。

【０２０５】

また、本実施例は、実施の形態や他の実施例と自由に組み合わせることができる。

【実施例７】

【０２０６】

本発明を用いてレーザー照射を行った半導体材料を用いて様々な電子機器を完成させることができる。例えば、デジタルビデオカメラ、デジタルカメラ、ゴーグル型ディスプレイ（ヘッドマウントディスプレイ）、ナビゲーションシステム、音響再生装置（オーディオ）、テレビ（ディスプレイ）、携帯端末機などを挙げることができる。本発明を用いることにより、基板全面を良好にアニールすることが可能となるため、半導体素子のレイアウトや大きさの自由度を高くすることや、集積度を向上することが可能となる。また、基板のどの部分においても結晶化度は同じであるため、製作した半導体素子の製品品質は良好な状態であり、その製品品質のばらつきをなくすることが可能になる。その結果、最終製品としての電子機器をスループット良く、良好な品質で作製することが可能になる。その具体例を図を用いて説明する。

【０２０７】

図２２（Ａ）は表示装置であり、筐体２２０１、支持台２２０２、表示部２２０３、スピーカー部２２０４、ビデオ入力端子２２０５などを含む。この表示装置は、他の実施例で示した作製方法により形成した薄膜トランジスタをその表示部２２０３に用いることにより作製される。本発明を用いてレーザー照射を行った半導体材料を用いることにより、半導体膜にレーザーの干渉縞が生じることなく大粒径領域の面積を増やし、かつ結晶性不良領域の面積を少なくすることが可能となる。また、本発明を用いてより長い線状ビームを用

いし、ノールをりることによつて、より大判の衣小衣直をけ製すること可能になる。なお、表示装置には液晶表示装置、発光装置などがあり、具体的にはコンピュータ用、テレビ受信用、広告表示用などの全ての情報表示用表示装置が含まれる。

#### 【0208】

図22(B)はコンピュータであり、筐体2211、表示部2212、キーボード2213、外部接続ポート2214、ポインティングマウス2215などを含む。本発明のレーザ照射を行った半導体材料を用いると、作製したコンピュータの表示部2212やその他の回路の品質は良好であり、かつ品質のばらつきをなくすることができる。さらに、本発明は本体内部のCPU、メモリなどの半導体装置にも適用が可能である。

#### 【0209】

また、図22(C)は携帯電話であり、携帯端末の1つの代表例である。この携帯電話は筐体2221、表示部2222、操作キー2223などを含む。上記の携帯電話を初めとして、PDA(Personal Digital Assistants、情報携帯端末)、デジタルカメラ、小型ゲーム機などの電子機器に、本発明のレーザ照射を行った半導体材料を用いると、表示部2222やCPU、メモリなどの機能回路の品質は良好であり、品質のばらつきをなくすることができる。

#### 【0210】

また、図22(D)、(E)はデジタルカメラである。なお、図22(E)は、図22(D)の裏側を示す図である。このデジタルカメラは、筐体2231、表示部2232、レンズ2233、操作キー2234、シャッター2235などを有する。本発明のレーザ照射を行った半導体材料を用いると、表示部2233や、表示部2233を制御するドライバ部、およびその他の回路の品質は良好であり、品質のばらつきをなくすることができる。

#### 【0211】

図22(F)はデジタルビデオカメラである。このデジタルビデオカメラは、本体2241、表示部2242、筐体2243、外部接続ポート2244、リモコン受信部2245、受像部2246、バッテリー2247、音声入力部2248、操作キー2249、接眼部2250などを有する。本発明のレーザ照射を行った半導体材料を用いると、表示部2242や、この表示部2242を制御するドライバ部およびその他の回路の品質は良好であり、品質のばらつきをなくすることができる。

#### 【0212】

また、本発明のレーザ処理装置を用いて作製した薄膜トランジスタを薄膜集積回路、または非接触型薄膜集積回路装置(無線ICタグ、RFID(無線認証、Radio Frequency Identification))とも呼ばれる)として用いることもできる。他の実施例で示した作製方法を用いることにより、薄膜集積回路および非接触型薄膜集積回路は、タグとしての利用やメモリとしての利用が可能である。

#### 【0213】

図23(A)は、パスポート2301に無線ICタグ2302を貼り付けている状態を示している。また、パスポート2301に無線ICタグ2302を埋め込んでもよい。同様にして、運転免許証、クレジットカード、紙幣、硬貨、証券、商品券、チケット、トラベラーズチェック(T/C)、健康保険証、住民票、戸籍謄本などに無線ICタグを貼り付けたり埋め込むことができる。この場合、本物であることを示す情報のみを無線ICタグに入力しておき、不正に情報を読み取ったり書き込んだりできないようにアクセス権を設定する。これは、他の実施例で示したメモリを用いることにより実現できる。このようにタグとして利用することによって、偽造されたものと区別することが可能になる。

#### 【0214】

このほかに、無線ICタグをメモリとして用いることも可能である。図23(B)は、無線ICタグ2311を野菜の野菜の包装に貼り付けるラベルに埋め込んだ例を示している。また、包装そのものに無線ICタグを貼り付けたり埋め込んだりしても構わない。無線ICタグ2311には、生産地、生産者、製造年月日、加工方法などの生産段階のプロセスや、商品の流通プロセス、価格、数量、用途、形状、重量、賞味期限、各種認証情報な

して記録することが可能になる。無線ＩＣタグの１１がつの情報は、無線ＩＣタグの３１２のアンテナ部２３１３で受信して読み取り、リーダ２３１２の表示部２３１４に表示することによって、卸売業者、小売業者、消費者が把握することが容易になる。また、生産者、取引業者、消費者のそれぞれに対してアクセス権を設定することによって、アクセス権を有しない場合は読み込み、書き込み、書き換え、消去ができない仕組みになっている。

#### 【０２１５】

また、無線ＩＣタグは以下のように用いることができる。会計の際に無線ＩＣタグに会計を済ませたことを記入し、出口にチェック手段を設け、会計済みであることを無線ＩＣタグに書き込まれているかをチェックする。会計を済ませていないで店を出ようとすると、警報が鳴る。この方法によって、会計のし忘れや万引きを予防することができる。

#### 【０２１６】

さらに、顧客のプライバシー保護を考慮すると、以下に記す方法にすることも可能である。レジで会計をする段階で、（１）無線ＩＣタグに入力されているデータを暗証番号などでロックする、（２）無線ＩＣタグに入力されているデータそのものを暗号化する、（３）無線ＩＣタグに入力されているデータを消去する、（４）無線ＩＣタグに入力されているデータを破壊する、のいずれかを行う。これらは、他の実施例にて挙げたメモリを用いることによって実現することができる。そして、出口にチェック手段を設け、（１）～（４）のいずれかの処理が行われたか、または無線ＩＣタグのデータに何も処理が行われていない状態であるかをチェックすることによって、会計の有無をチェックする。このようにすると、店内では会計の有無を確認することが可能であり、店外では所有者の意志に反して無線ＩＣタグの情報を読み取られることを防止することができる。

#### 【０２１７】

なお、（４）の無線ＩＣタグに入力されているデータを破壊する方法をいくつか挙げることができる。例えば、（ａ）無線ＩＣタグが有する電子データの少なくとも一部に「０（オフ）」若しくは「１（オン）」、または「０」と「１」の両方を書き込んでデータのみを破壊する方法や、（ｂ）無線ＩＣタグに電流を過剰に流し、無線ＩＣタグが有する半導体素子の配線の一部を物理的に破壊する方法などを用いることができる。

#### 【０２１８】

以上に挙げた無線タグは、従来用いているバーコードより製造コストが高いため、コスト低減を図る必要がある。本発明を用いることによって、品質が良好ではらっきのない半導体素子をスループット良く形成することができるため、コストの低減に有効である。さらに、どの無線タグも品質が高く、性能のばらつきがないように製作することができる。

#### 【０２１９】

以上のように、本発明により作製された半導体装置の適用範囲は極めて広く、本発明により作製された半導体装置をあらゆる分野の電子機器に用いることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【０２２０】

【図１】 図１は、波長と干渉縞の間隔の関係を示すグラフである。

【図２】 図２は、本発明のレーザ照射の概要を示す図である。

【図３】 図３は、本発明のレーザ照射の上面図及び側面図である。

【図４】 図４は、本発明の概要を説明する図である。

【図５】 図５は、本発明のレーザ照射の一例を示す図である。

【図６】 図６は、本発明のレーザ照射の一例を示す図である。

【図７】 図７は、本発明のレーザ照射を用いたＴＦＴ作製過程の概要を示す図である。

【図８】 図８は、本発明のレーザ照射を用いた半導体膜の結晶化の概要を示す図である。

【図９】 図９は、本発明のレーザ照射を用いた半導体膜の結晶化の概要を示す図である。

【図 1 0】図 1 0 は、本発明のレーザ照射を用いた表示装置の作製過程の概要を示す図である。

【図 1 1】図 1 1 は、本発明のレーザ照射を用いた表示装置の作製過程の概要を示す図である。

【図 1 2】図 1 2 は、本発明のレーザ照射を用いた C P U の作製過程の概要を示した図である。

【図 1 3】図 1 3 は、本発明のレーザ照射を用いた C P U の作製過程の概要を示した図である。

【図 1 4】図 1 4 は、本発明のレーザ照射を用いた C P U の作製過程の概要を示した図である。

【図 1 5】図 1 5 は、本発明のレーザ照射を用いた C P U の作製過程の概要を示した図である。

【図 1 6】図 1 6 は、本発明のレーザ照射を用いた C P U の作製過程の概要を示した図である。

【図 1 7】図 1 7 は、本発明のレーザ照射を用いた無線 I C タグの作製過程の概要を示した図である。

【図 1 8】図 1 8 は、本発明のレーザ照射を用いた無線 I C タグの作製過程の概要を示した図である。

【図 1 9】図 1 9 は、本発明のレーザ照射を用いた無線 I C タグの作製過程の概要を示した図である。

【図 2 0】図 2 0 は、本発明のレーザ照射を用いた無線 I C タグの作製過程の概要を示した図である。

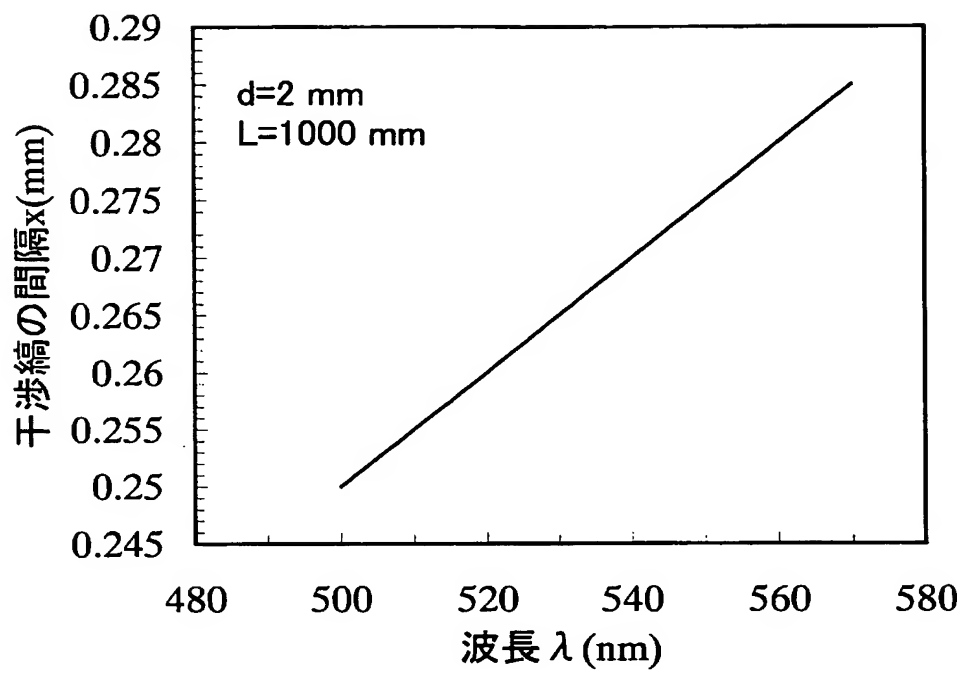
【図 2 1】図 2 1 は、本発明のレーザ照射を用いた無線 I C タグの作製過程の概要を示した図である。

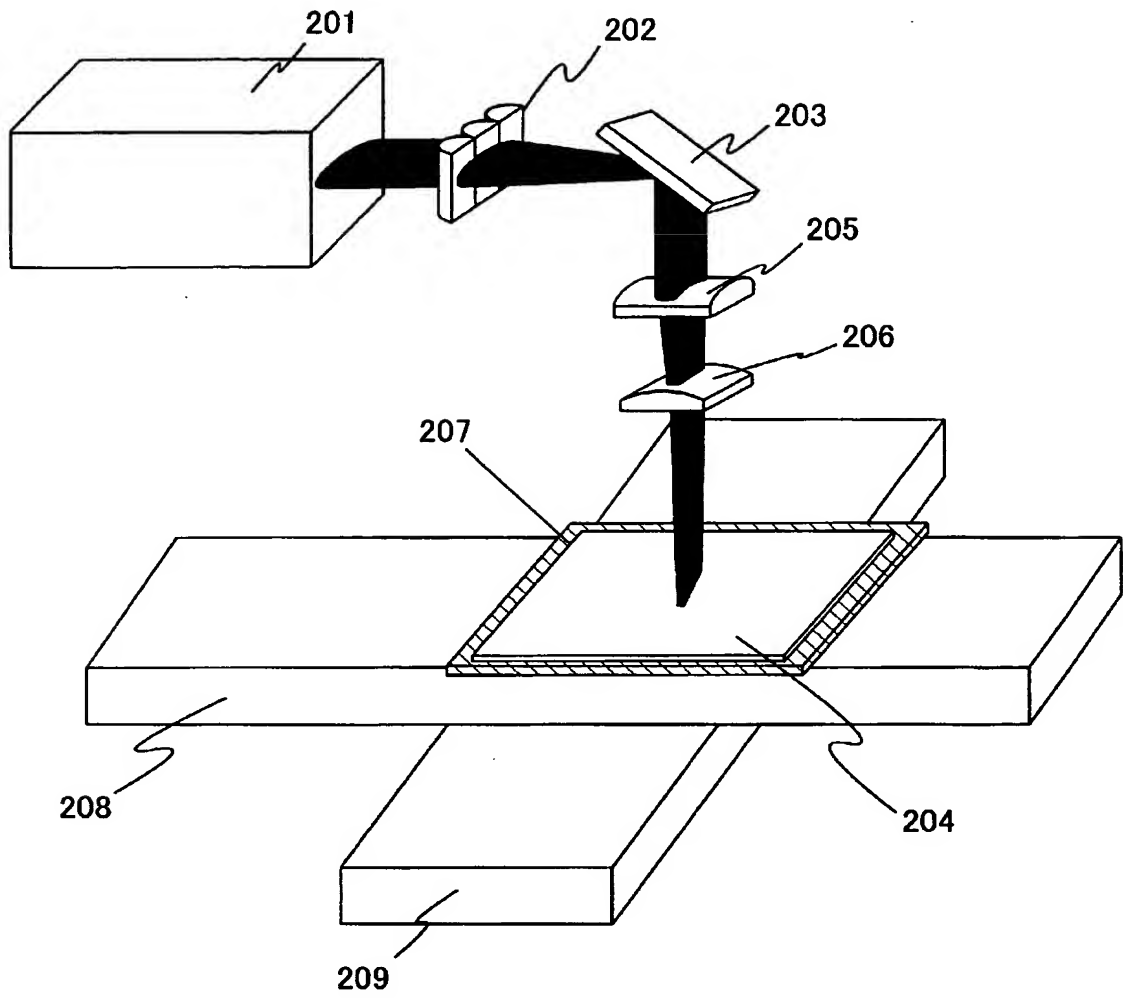
【図 2 2】図 2 2 は、本発明のレーザ照射を用いた電子機器の概要を示す図である。

【図 2 3】図 2 3 は、本発明のレーザ照射を用いた電子機器の概要を示す図である。

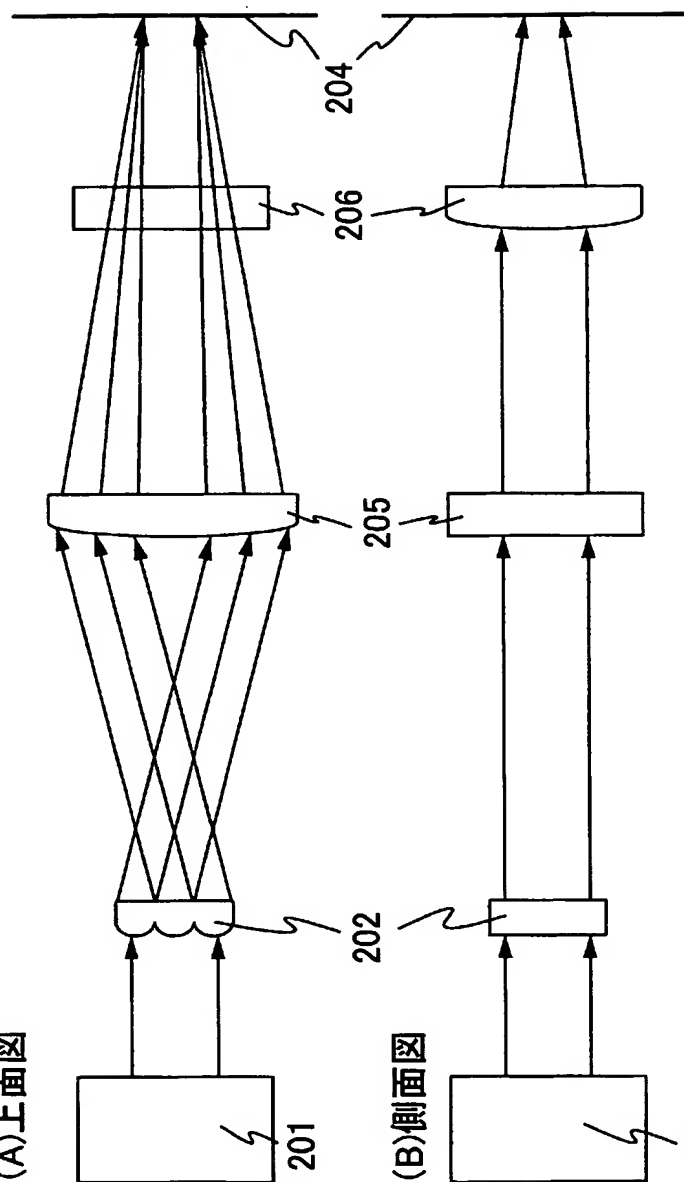
【図 2 4】図 2 4 は、レーザビームのエネルギー密度分布を示す図である。

【図 1】

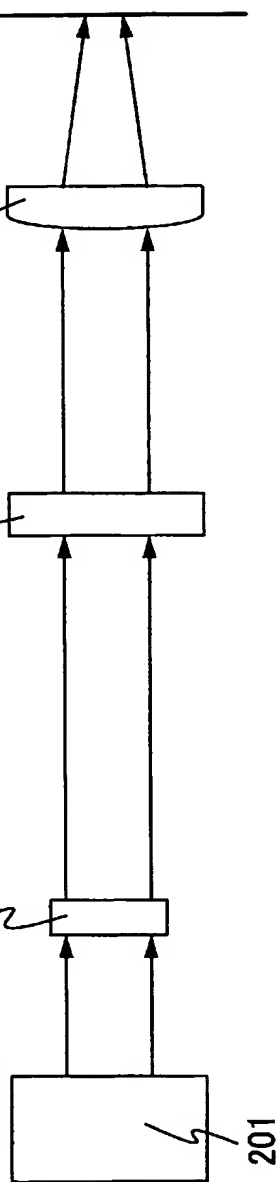


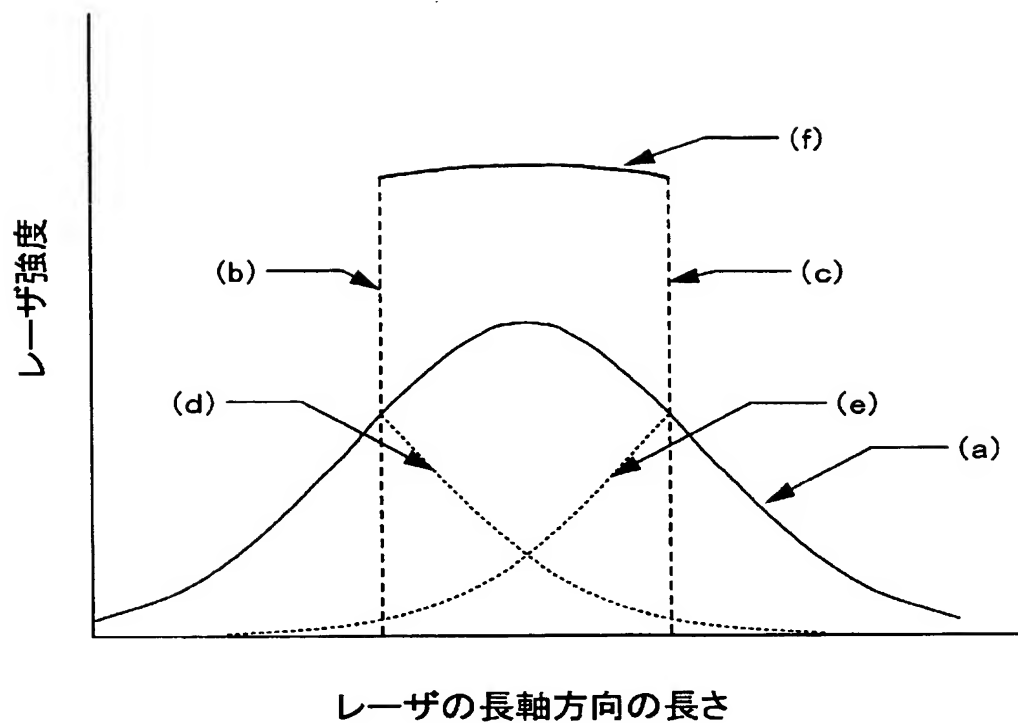


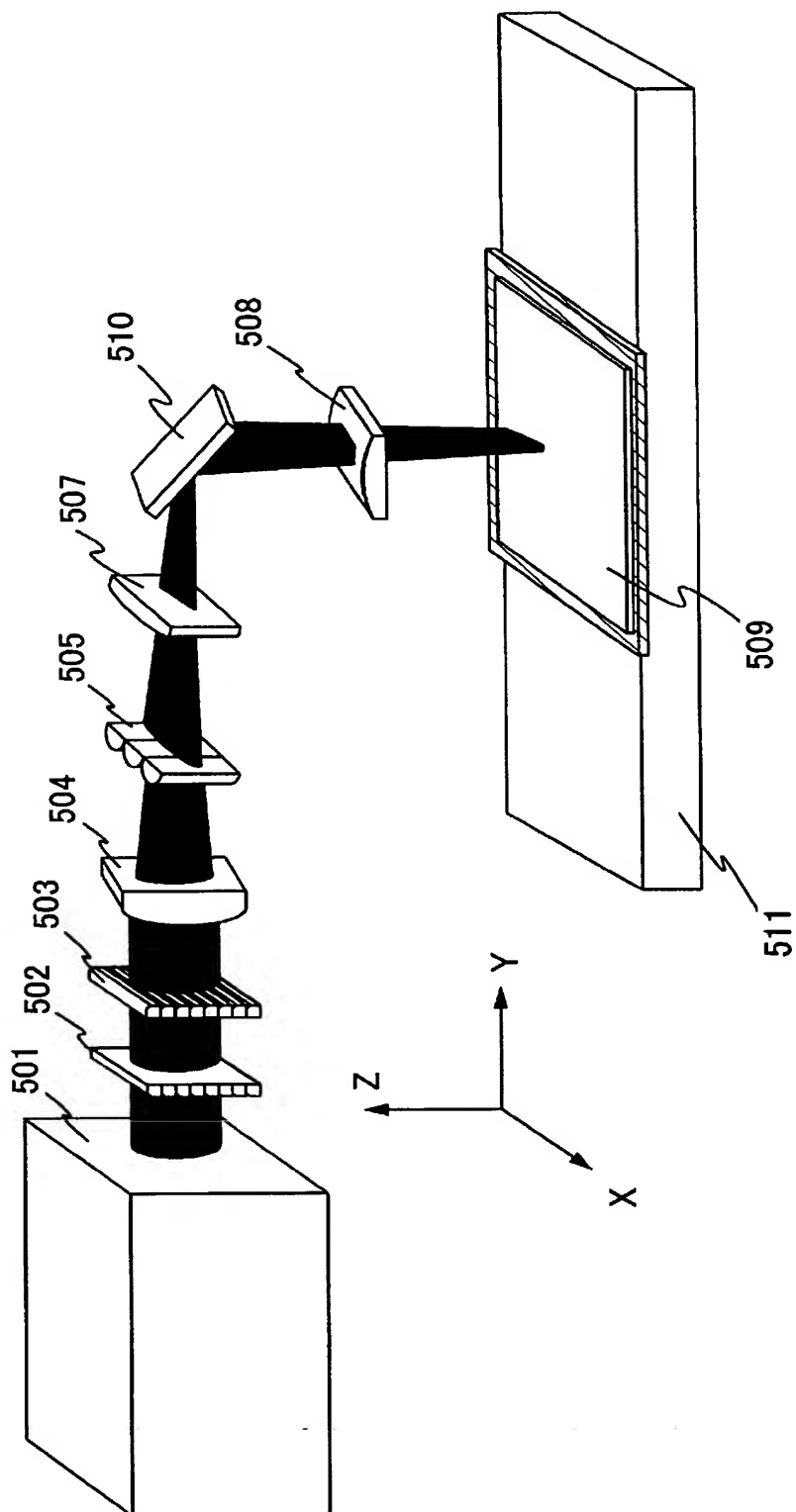
(A)上面図

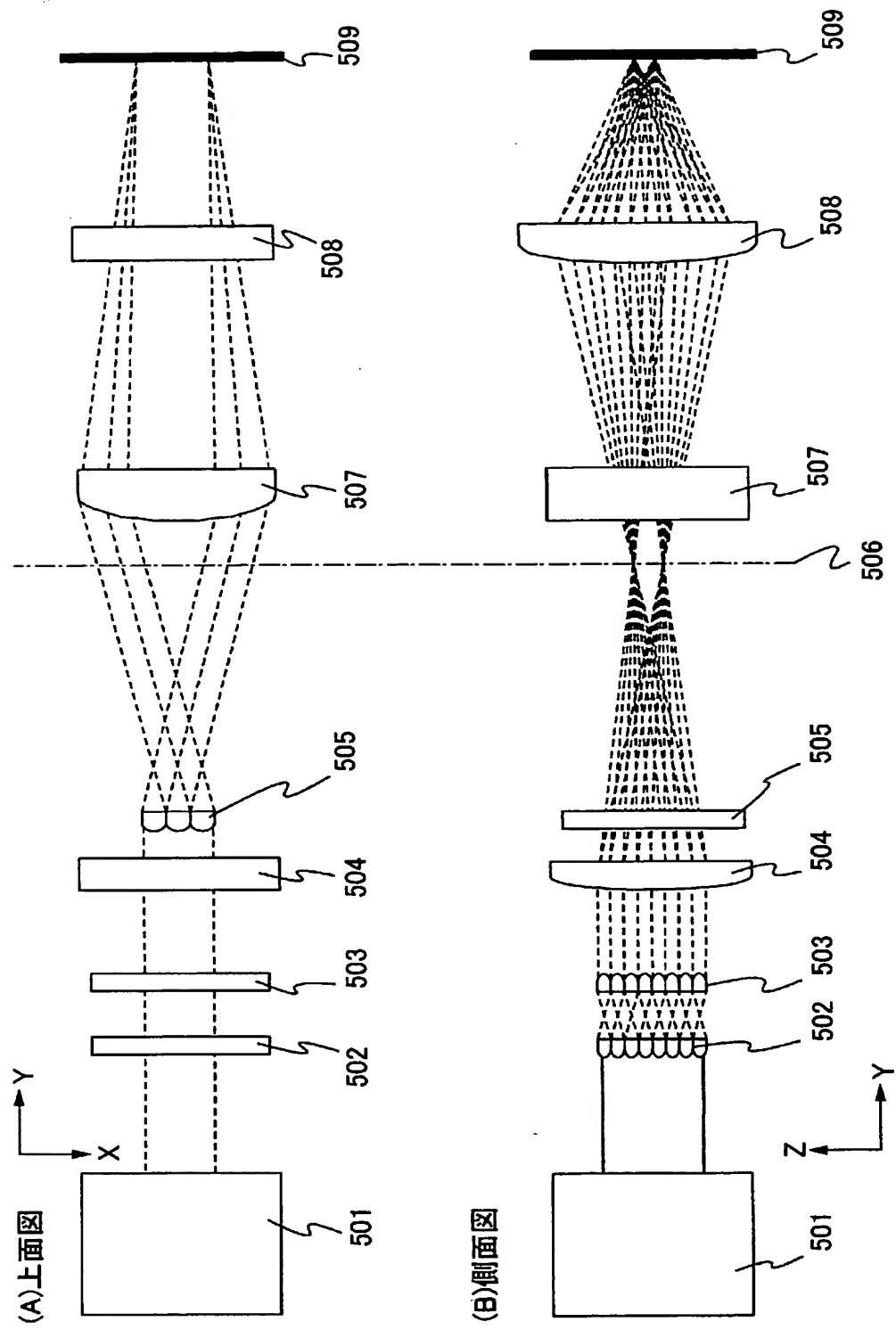


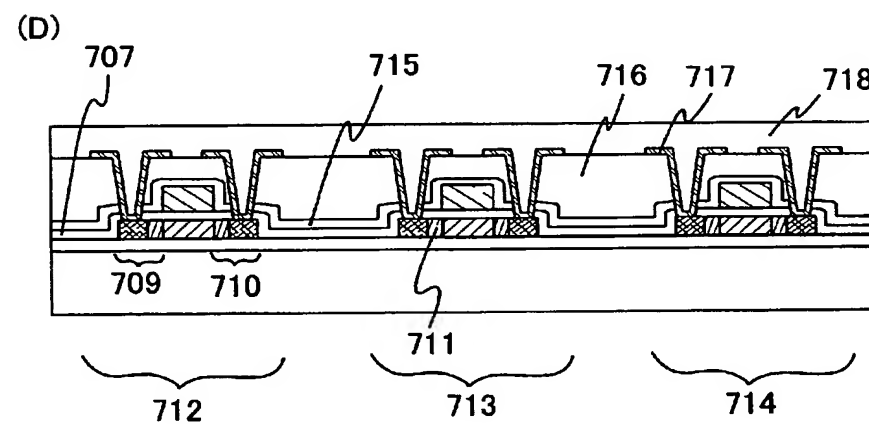
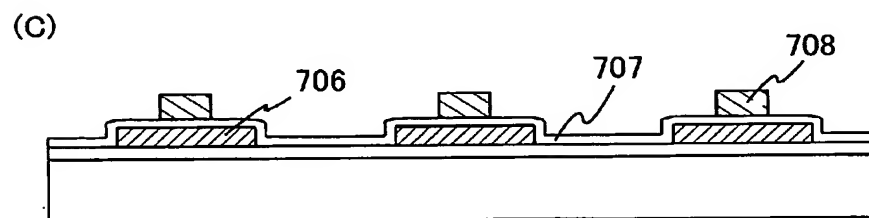
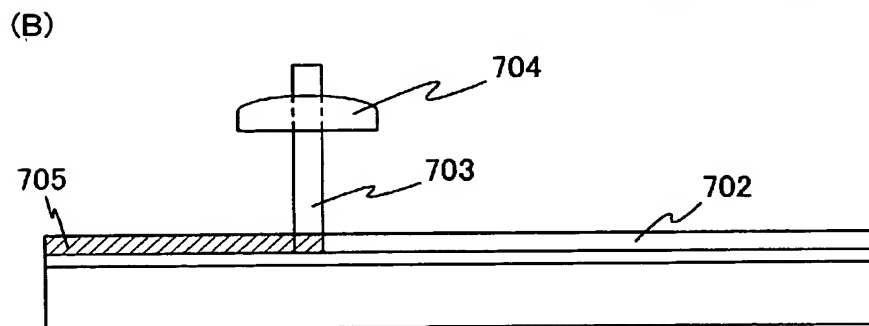
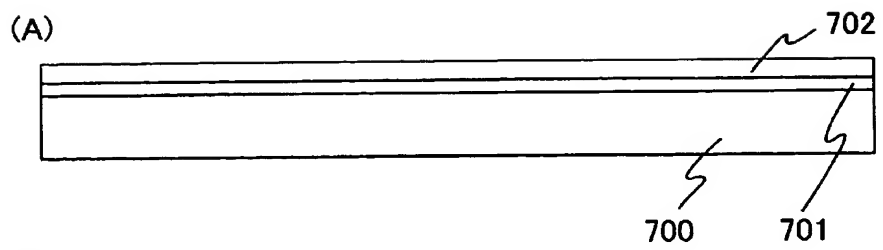
(B)側面図



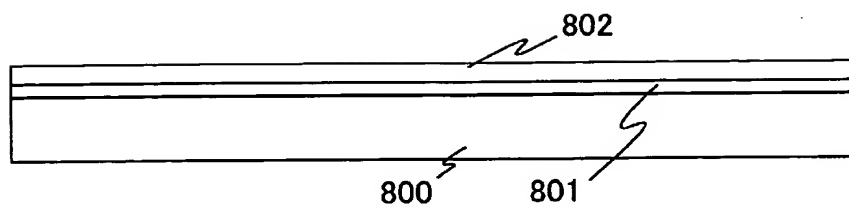




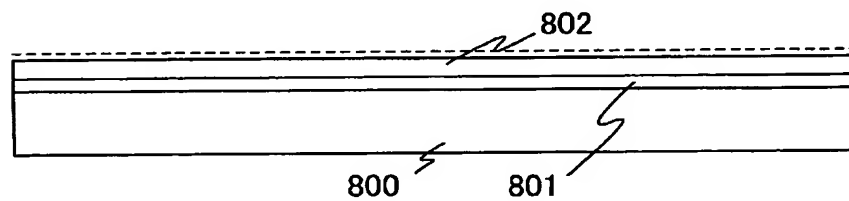




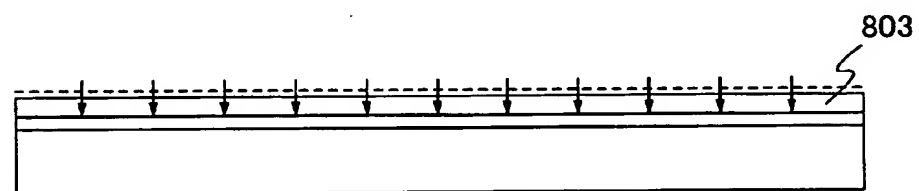
(A)



(B)

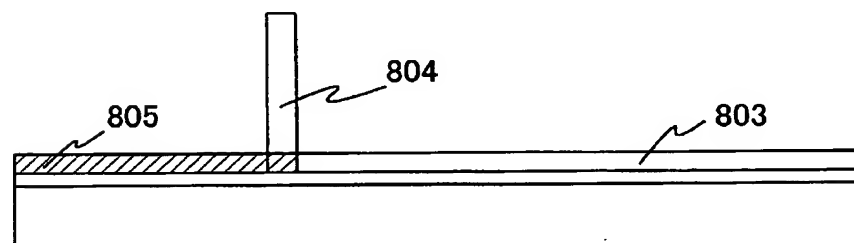


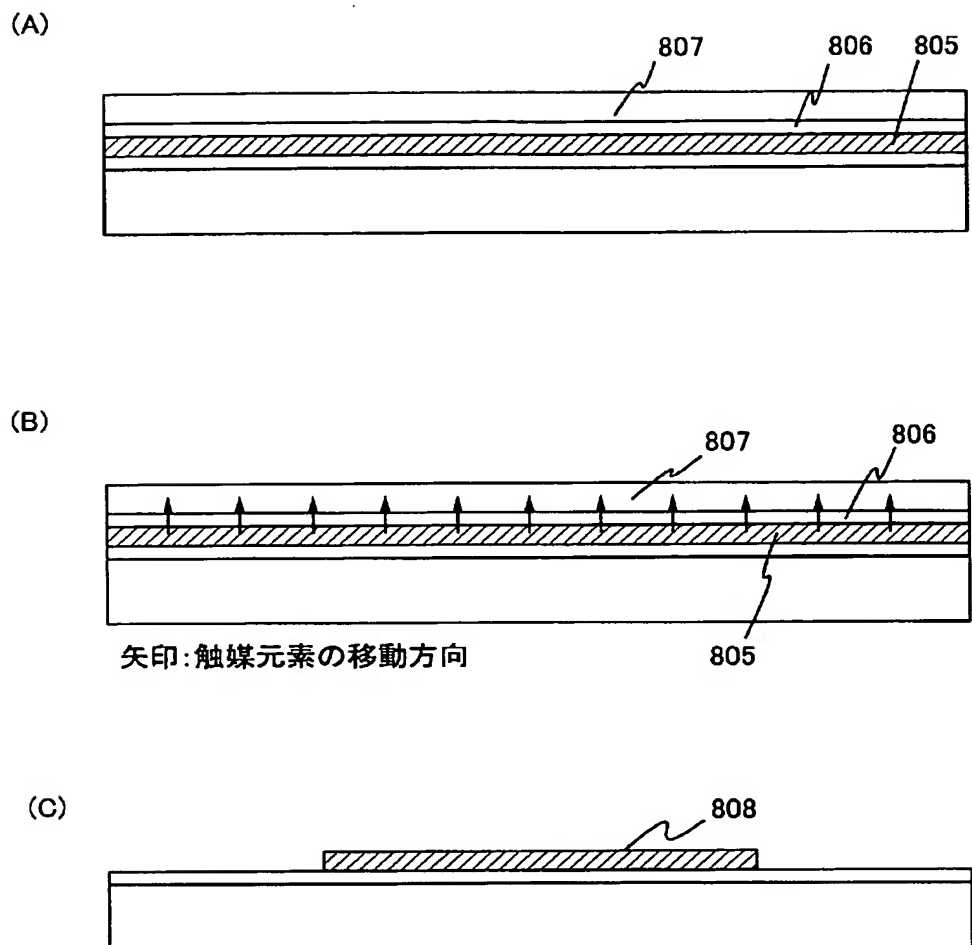
(C)



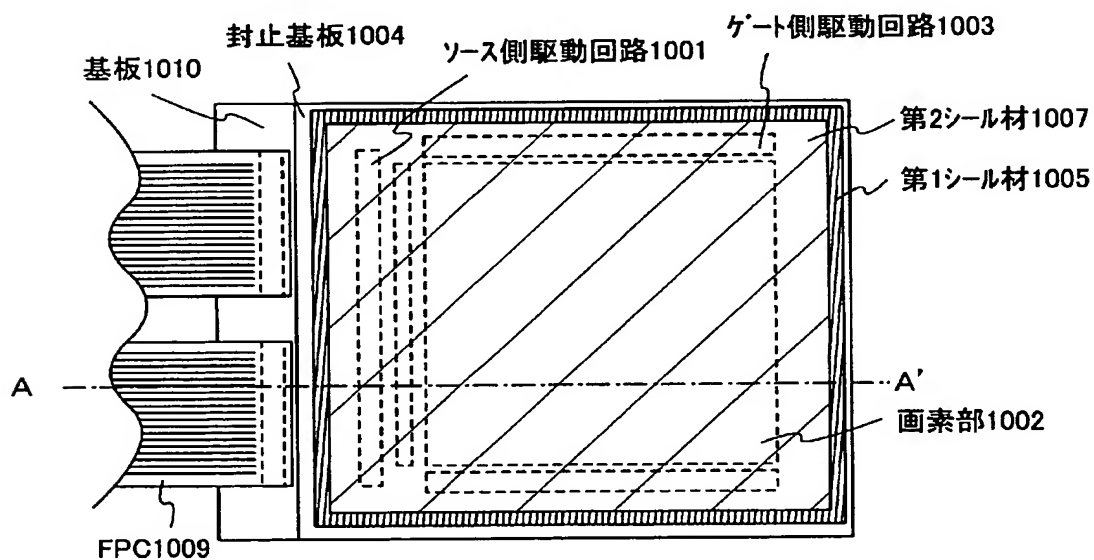
矢印: 結晶化の方向

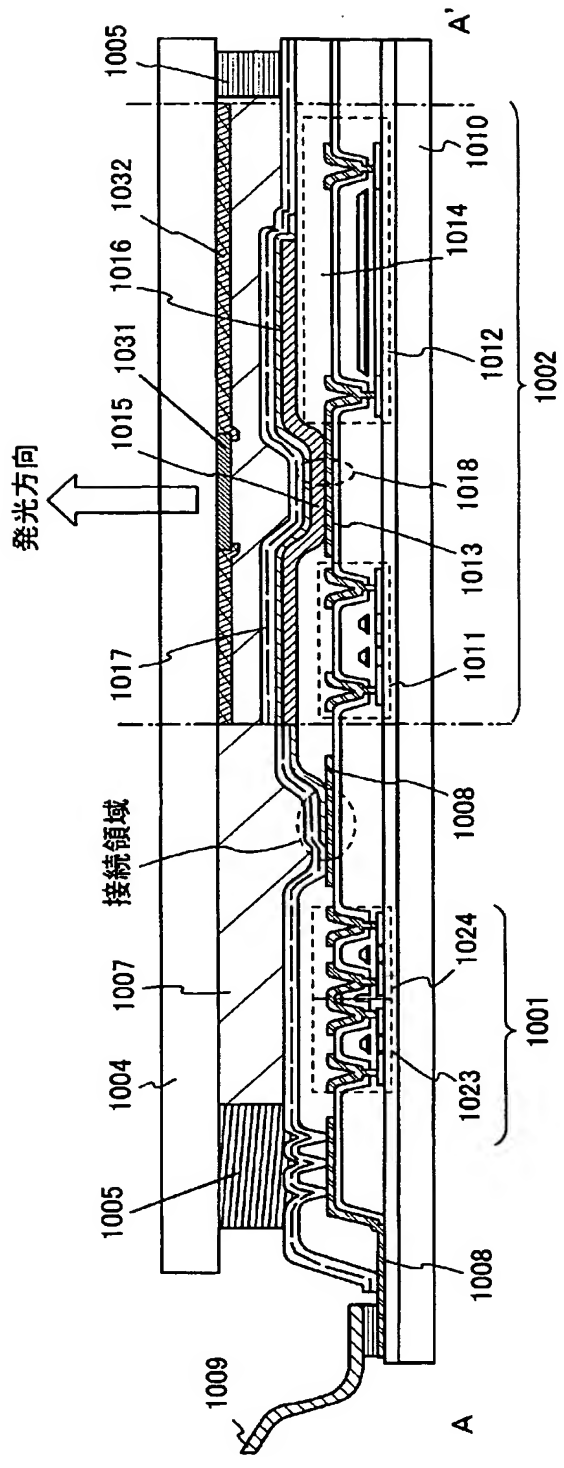
(D)



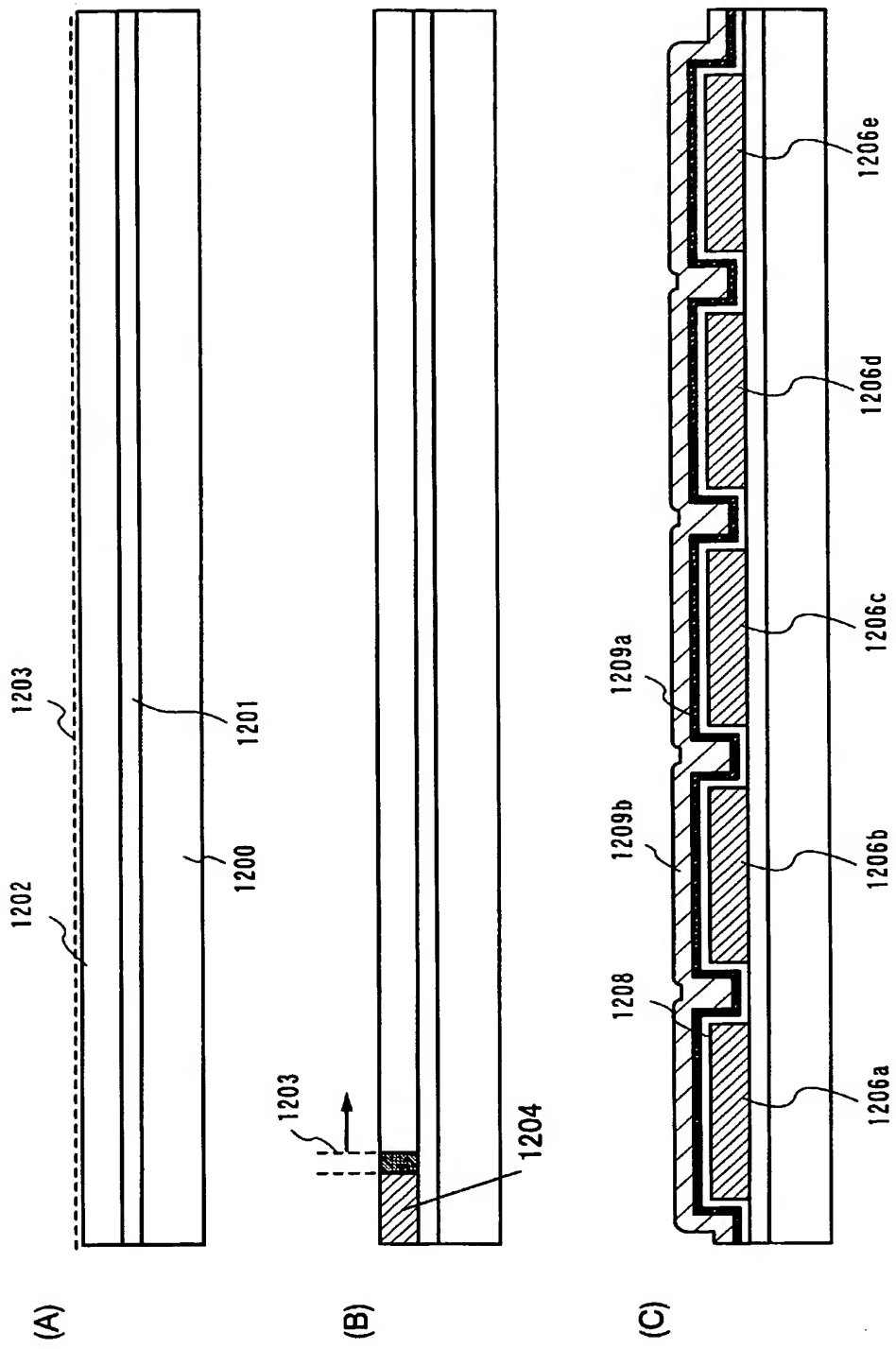


【図 10】

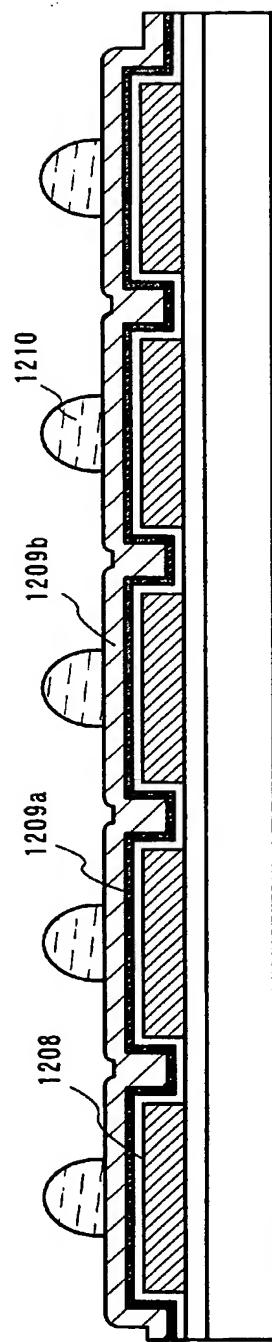




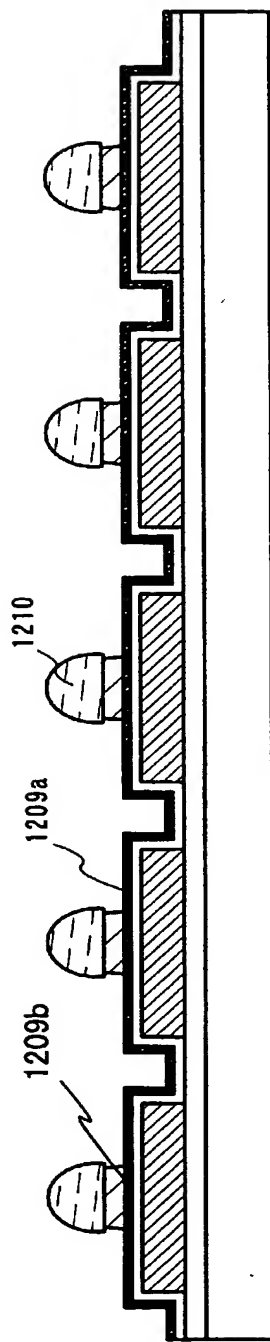
- 1001 ソース側駆動回路
- 1002 画素部
- 1004 封止基板
- 1005 第1シール剤
- 1006 接続配線
- 1007 第2シール剤
- 1008 接続配線
- 1009 FPC
- 1010 基板
- 1011 スイッチング用TFT
- 1012 電流制御用TFT
- 1013 第1の電極(陽極)
- 1014 絶縁物
- 1015 電界発光層
- 1016 第2の電極(陰極)
- 1017 透明保護層
- 1018 電界発光素子
- 1023 nチャネル型TFT
- 1024 pチャネル型TFT
- 1031 着色層
- 1021 遮光層



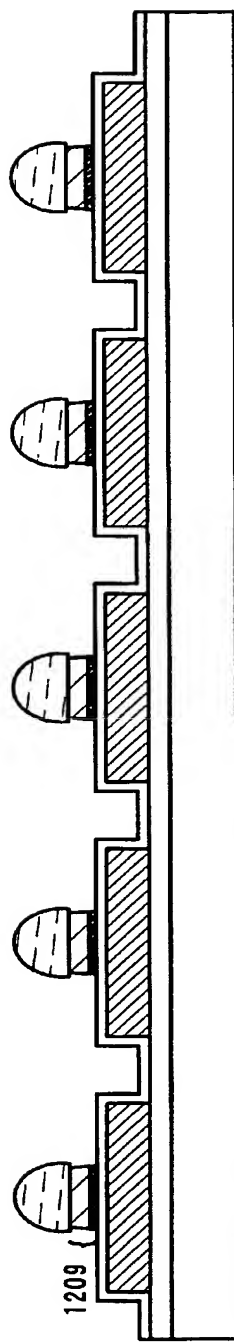
(A)



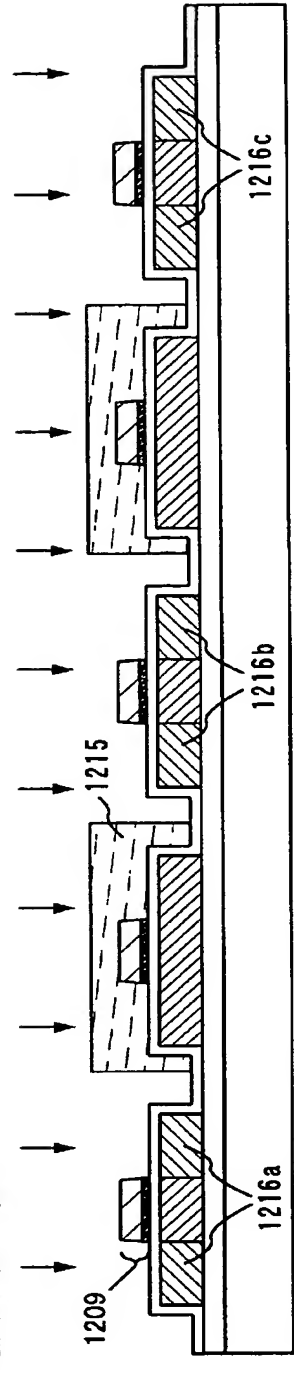
(B)



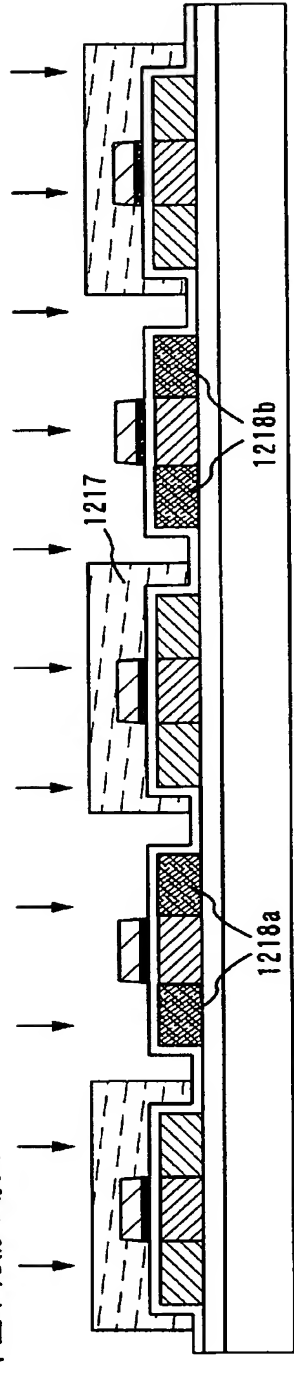
(C)



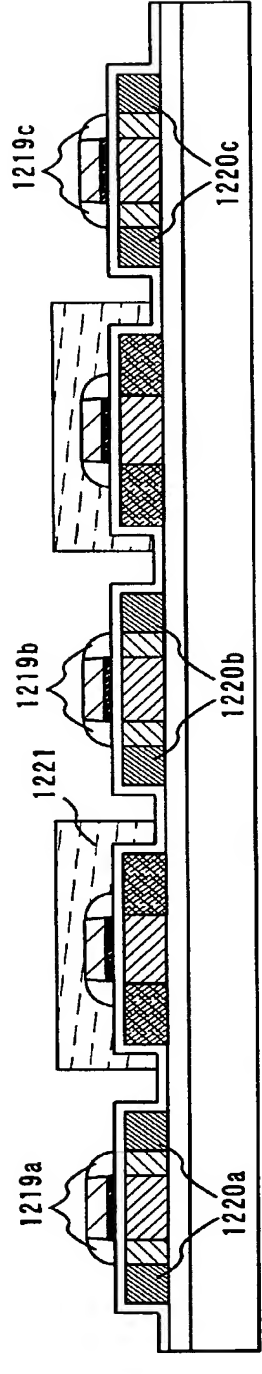
(A) n型不純物の導入



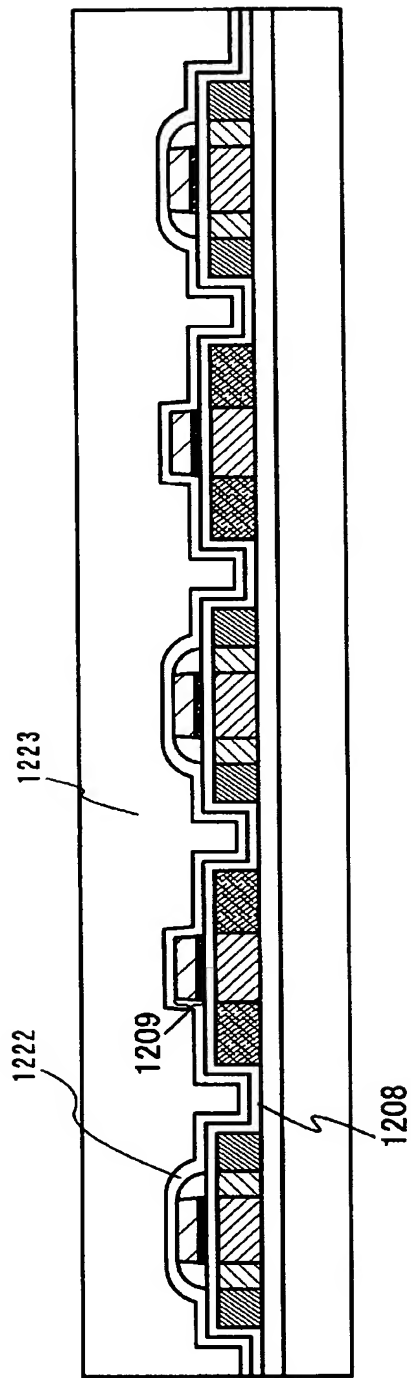
(B) p型不純物の導入



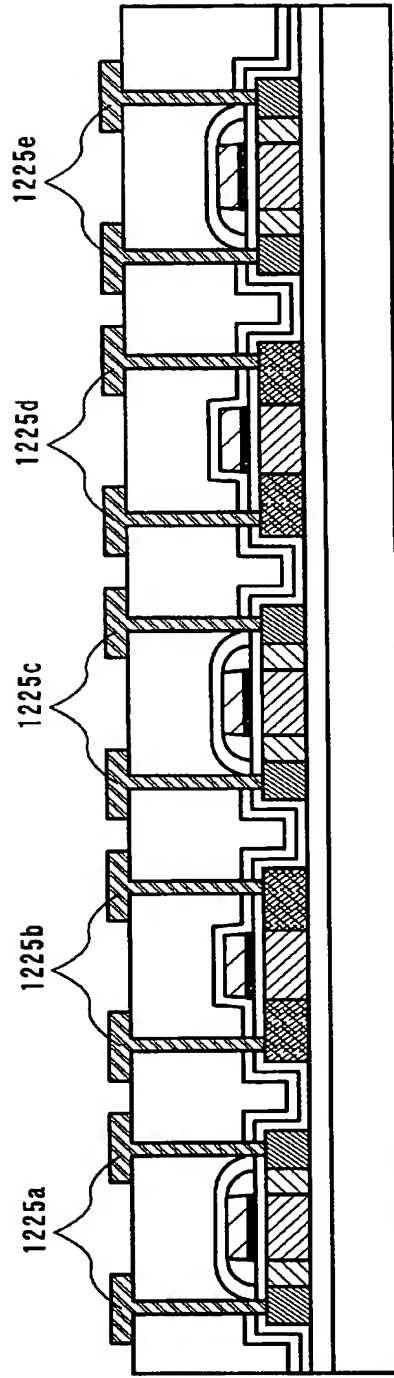
(C)

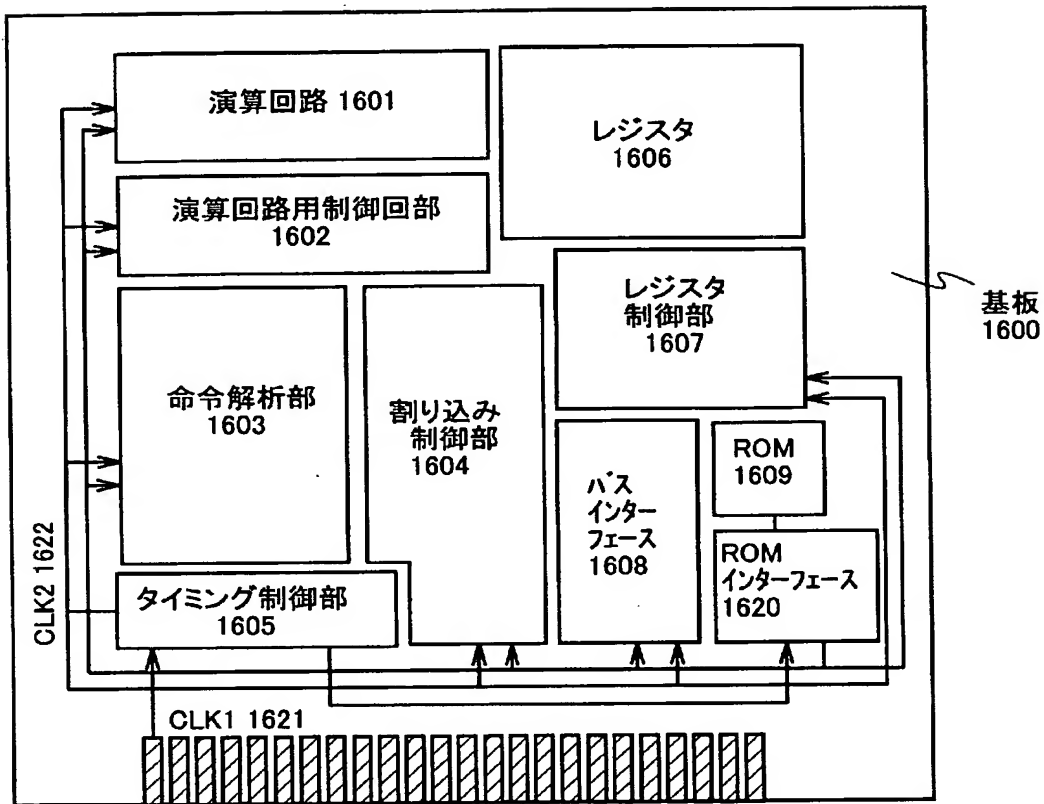


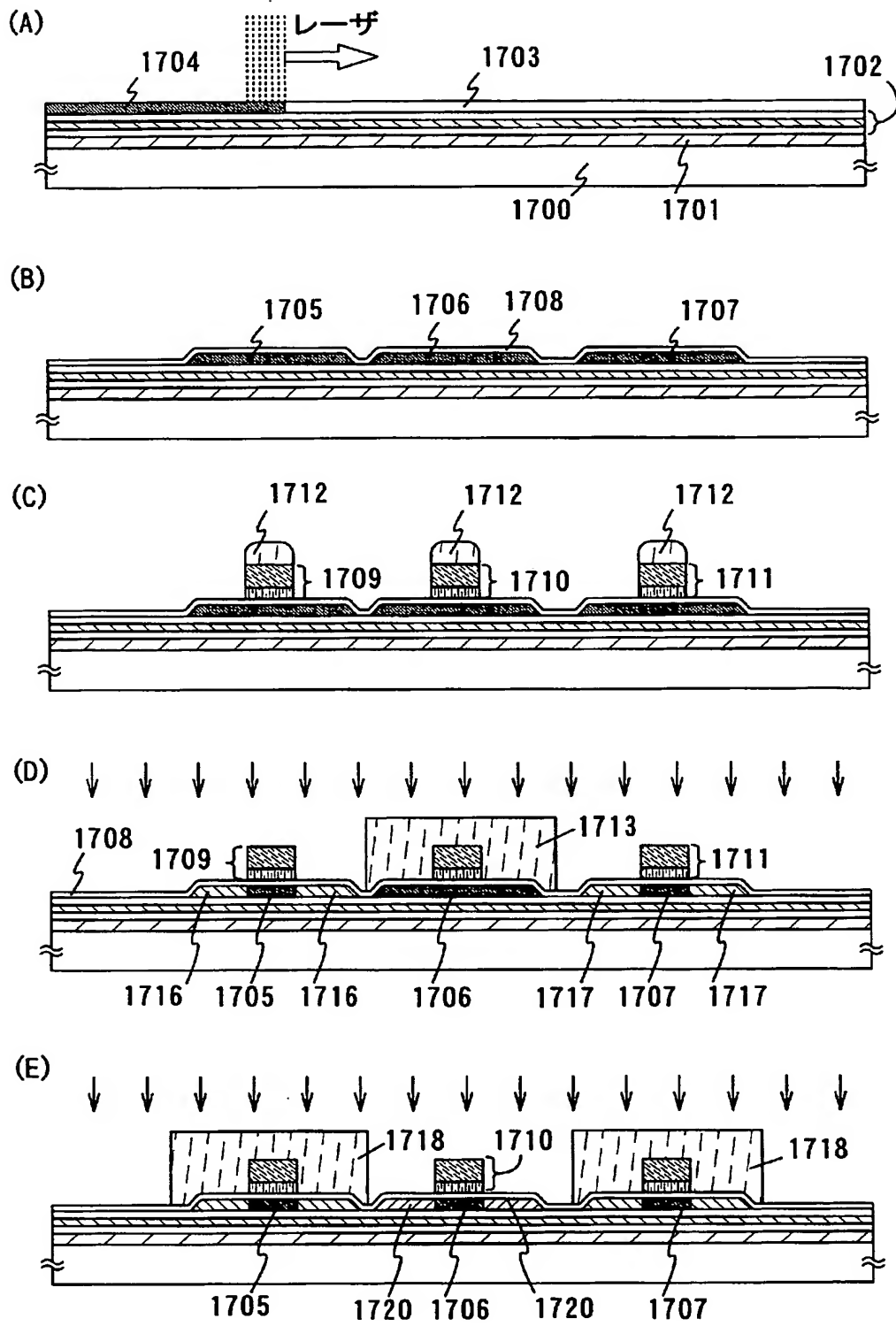
(A)



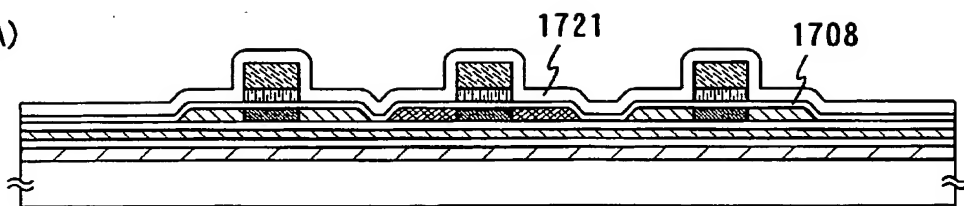
(B)



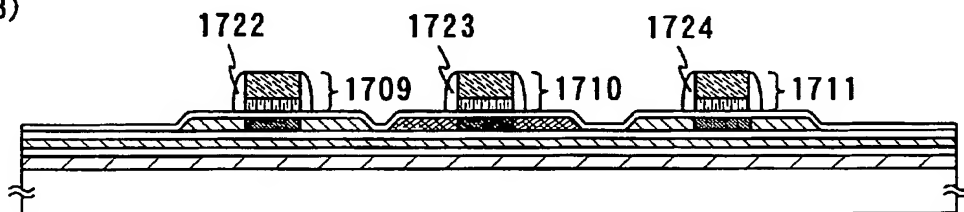




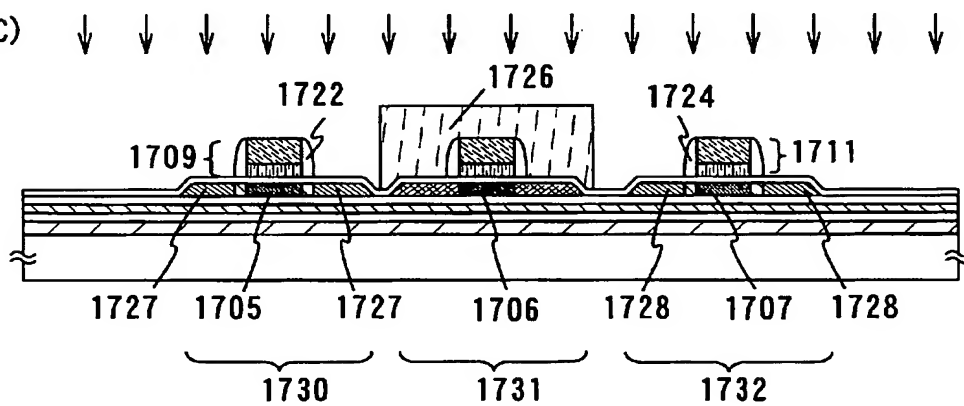
(A)



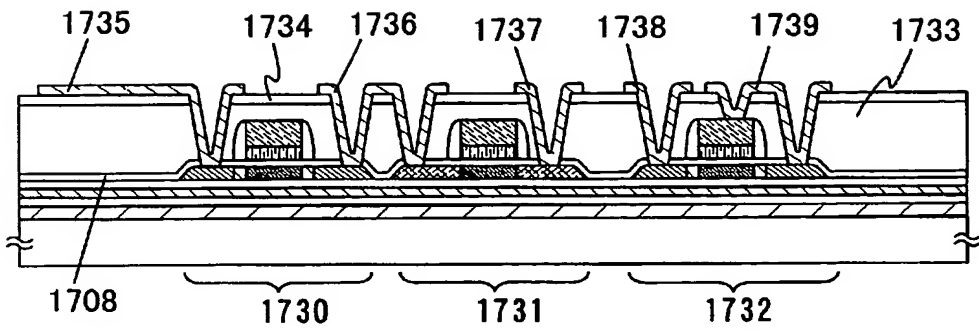
(B)



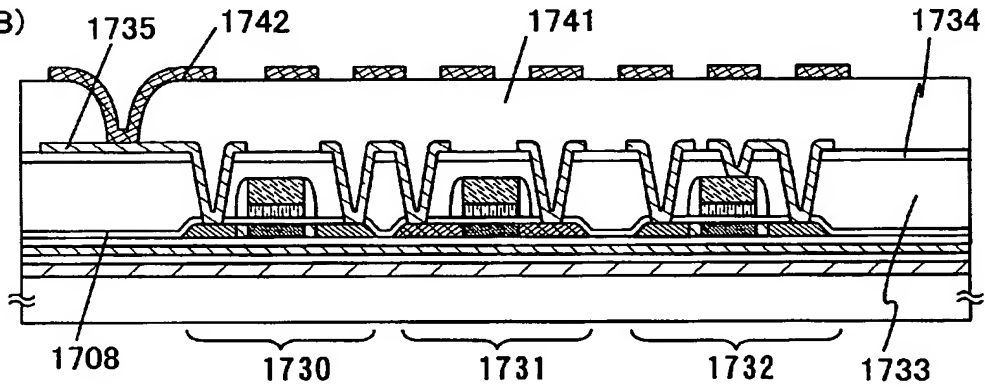
(C)



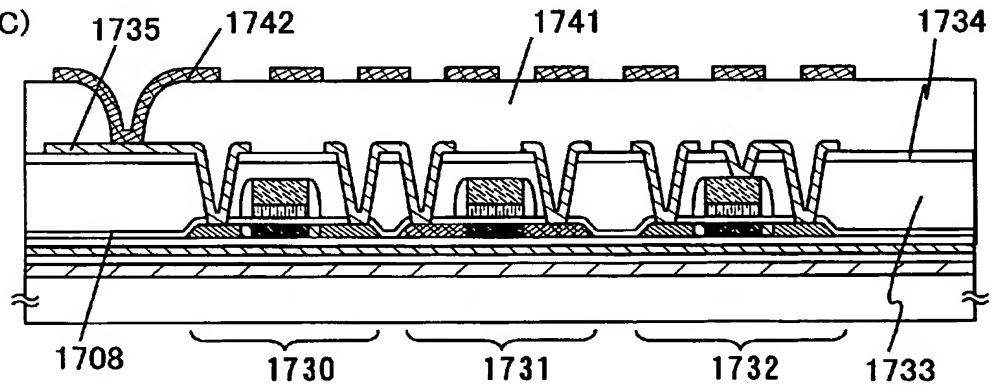
(A)



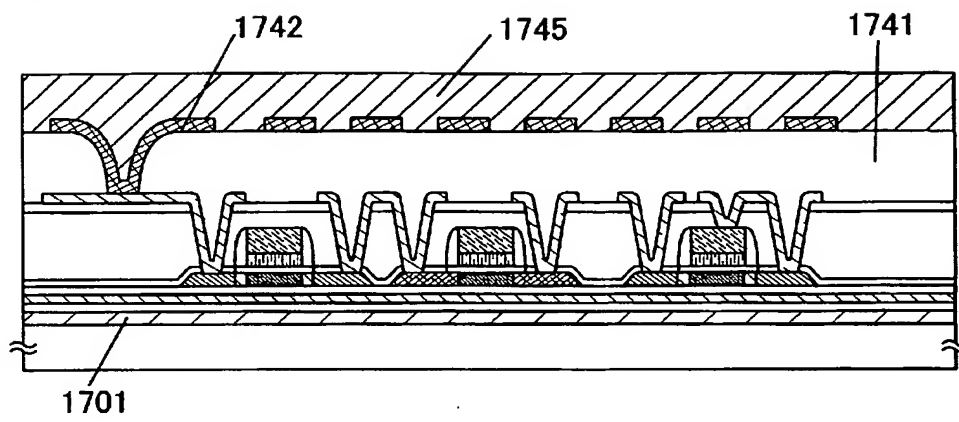
(B)



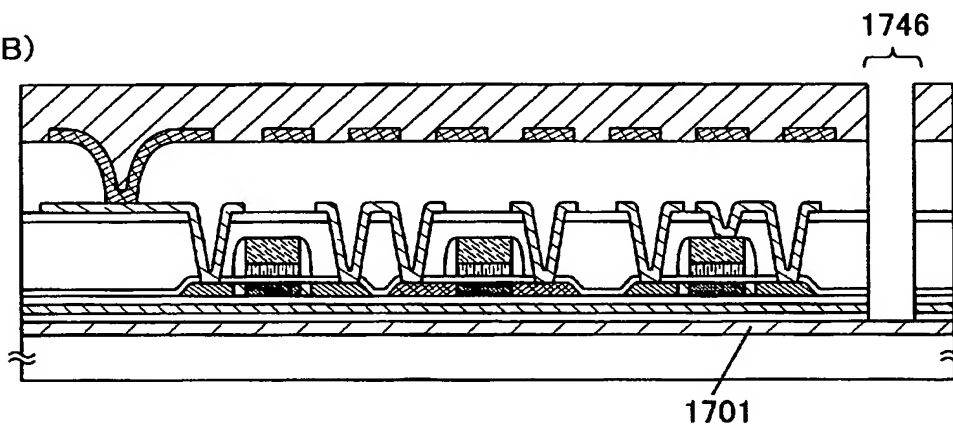
(C)



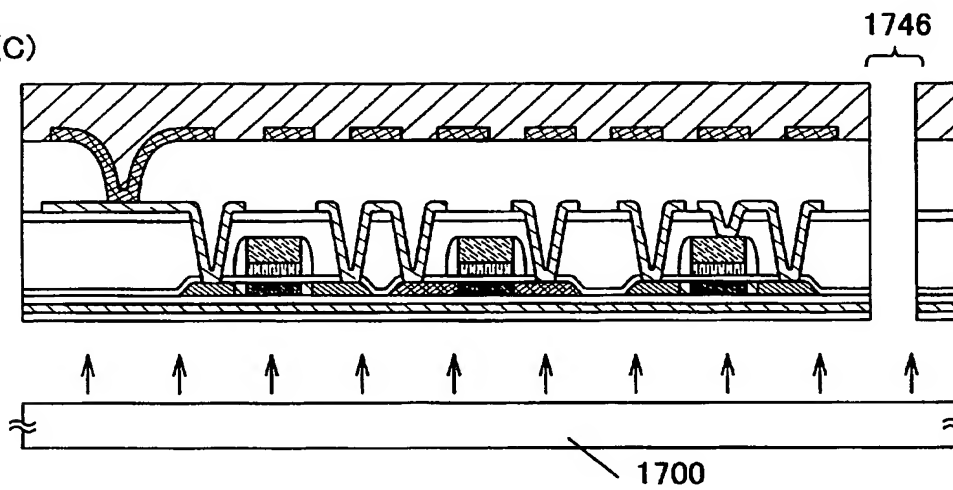
(A)



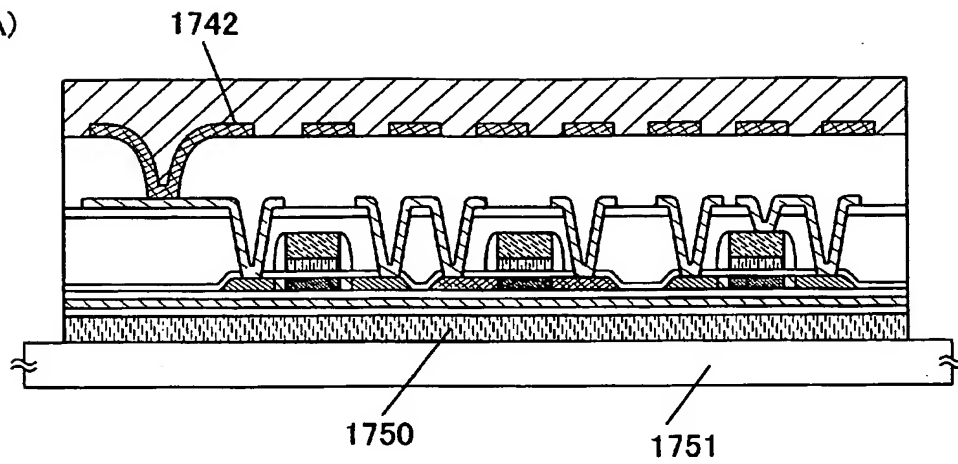
(B)



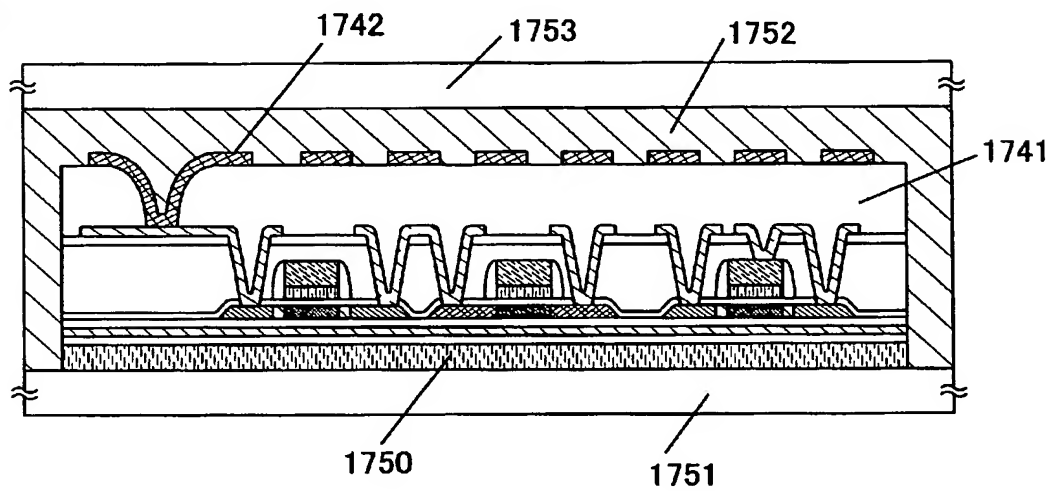
(C)



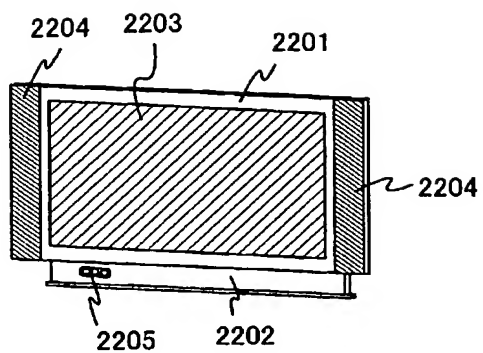
(A)



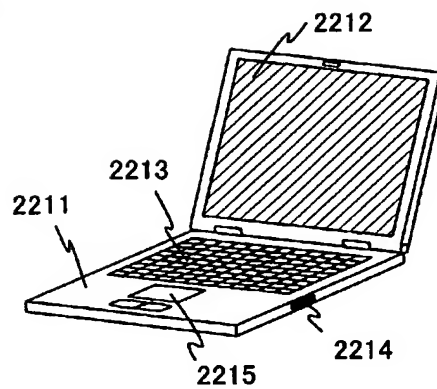
(B)



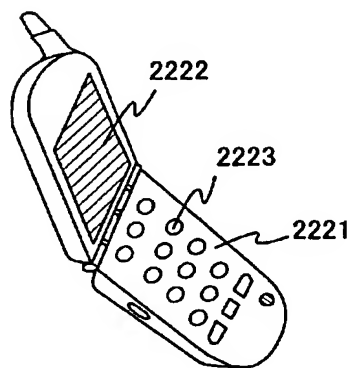
(A)



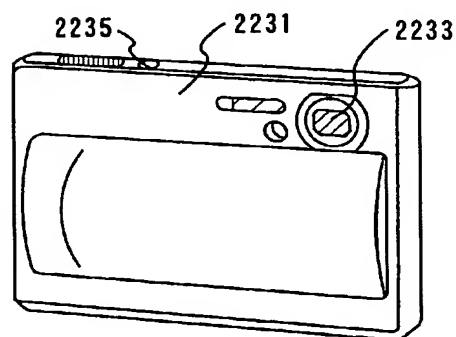
(B)



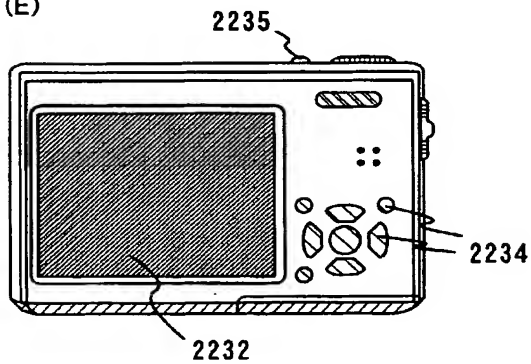
(C)



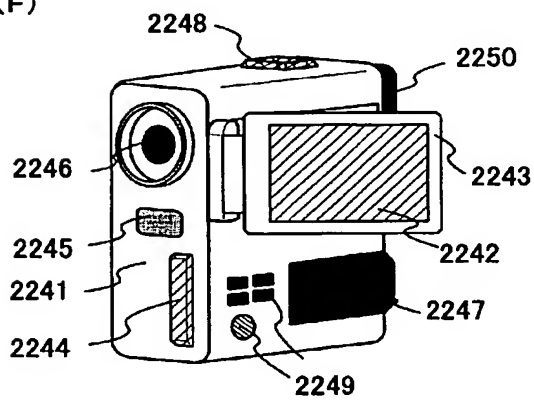
(D)



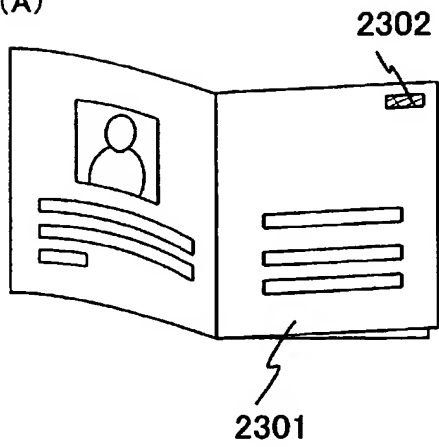
(E)



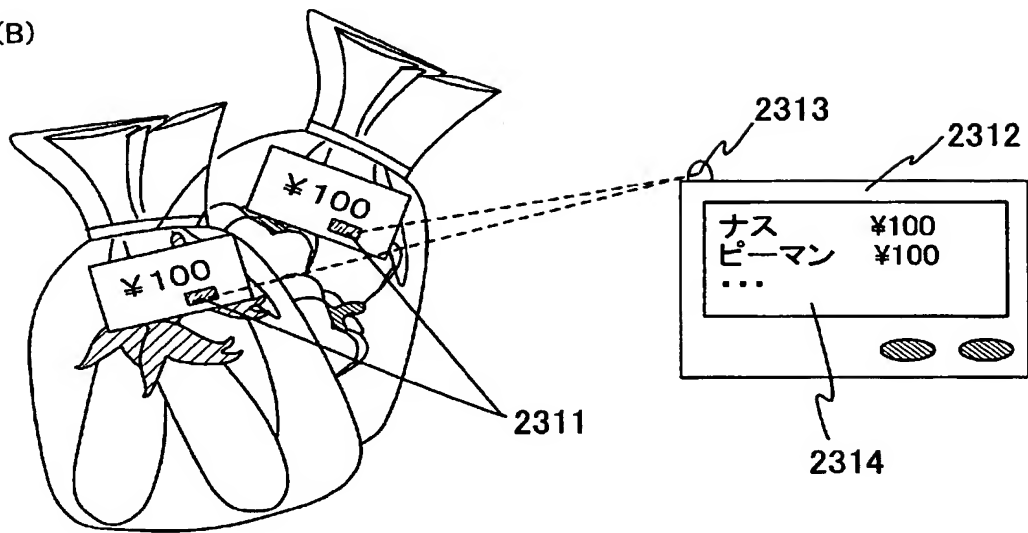
(F)

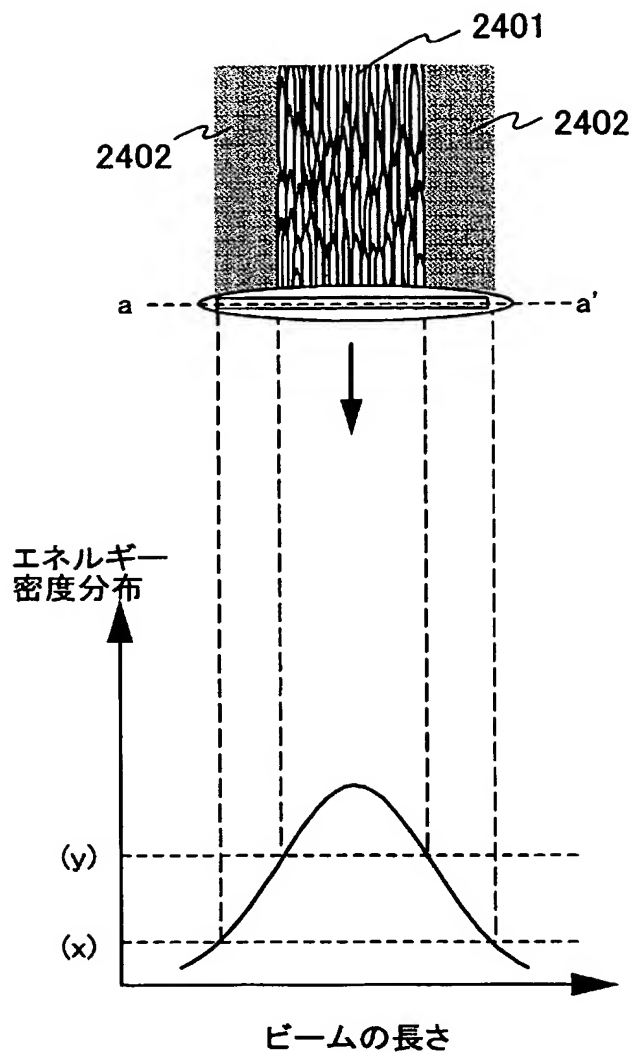


(A)



(B)





- (x) 結晶性領域が形成されるしきい値
- (y) 大粒径の結晶性領域が形成されるしきい値

【課題】半導体膜全面に対して均一にレーザ処理を行うことができるレーザ照射装置を提供すること、およびレーザ照射方法を提供すること。

【解決手段】波長領域の広いレーザ結晶から発振されたレーザ光と、ビームホモジナイザを用いる。波長領域が広いレーザ光は干渉性が弱いため、干渉によって半導体膜に干渉縞を生じさせることがない。また、長軸の長さが数メートルを超える線状ビームの形成が可能なため、レーザアニールプロセスのスループットを向上させる。

【代表図】図 2

0 0 0 1 5 3 8 7 8

19900817

新規登録

神奈川県厚木市長谷398番地  
株式会社半導体エネルギー研究所

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP2005/020166

International filing date: 27 October 2005 (27.10.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-317057  
Filing date: 29 October 2004 (29.10.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 01 December 2005 (01.12.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**